BACHMANN - FORBERG

TECHNISCHES ZEICHNEN

B. G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT · STUTTGART

TECHNISCHES ZEICHNEN

Von Obering. Albert BACHMANN, Oberhausen-Sterkrade

und Direktorstellvertreter a. D. Richard FORBERG, Hannover

Herausgegeben

vom Ausschuß Zeichnungen im Deutschen Normenausschuß

Dreizehnte, überarbeitete Auflage 1963

Mit 912 Bildern und weiteren 226 Bildern in Tafeln

B. G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT · STUTTGART

Best.-Nr. 5100

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdruckes und der fotomechanischen Wiedergabe, vorbehalten.

© B. G. Teubner Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1960

Printed in Germany

Satz und Druck: Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart

VORWORT DES HERAUSGEBERS

Die „Technische Zeichnung" ist die Sprache des Technikers. Die Regeln für die Gestaltung dieser Sprache geben die DIN-Normen, insbesondere die DIN-Zeichnungsnormen, die zudem stets den Niederschlag aus zahllosen betrieblichen und konstruktiven Erfahrungen enthalten.

Die in Industrie und Handwerk Arbeitenden müssen technische Zeichnungen lesen können; sie sollten diese weitgehend auch selbst herzustellen vermögen.

Was dazu an Kenntnissen und Fertigkeiten gehört, vermittelt dieses Buch, für dessen Bearbeitung also auch pädagogische Gesichtspunkte eine wesentliche Rolle spielten.

Die Namen der Verfasser, deren langjährige Erfahrungen in der Normungsarbeit einerseits und in der technischen Berufsausbildung andererseits sich in förderlichster Weise ergänzen, bürgen dafür, daß das Buch seine Aufgabe erfüllen wird.

Der Leser möge sich dessen bewußt sein, daß die Technik und damit auch die DIN-Normen in ständiger Entwicklung begriffen sind; er muß sich stets bemühen, Neuerungen und Änderungen kennenzulernen und bei seiner Arbeit zu berücksichtigen.

AUSSCHUSS ZEICHNUNGEN
IM DEUTSCHEN NORMENAUSSCHUSS
Dipl.-Ing. H. SCHMIDT

VORWORT DER VERFASSER ZUR 13. AUFLAGE

Geschickte Hände und gediegenes Fachwissen sind Voraussetzungen für das Anfertigen technischer Zeichnungen. Durch richtigen Gebrauch der Zeichenwerkzeuge und fleißiges Üben muß die Handfertigkeit erworben werden. Das Wissen über die Darstellungsverfahren und die zahlreichen Regeln des technischen Zeichnens aber will dieses Buch vermitteln.

Der Auswahl und dem Zuschnitt des Stoffes lag die Absicht zugrunde, nicht nur für Anfänger, Lernende und Studierende ein Lehrbuch für die künftige Berufsarbeit zu schaffen, sondern auch strebsamen Facharbeitern und Meistern zu ermöglichen, sich im Zeichnungslesen und im Zeichnen zu vervollkommnen. Darüber hinaus soll technischen Zeichnern und Konstrukteuren ein Nachschlagewerk in die Hand gegeben werden.

Wie immer wurden auch in dieser Auflage die Änderungen und Neuerungen der einschlägigen DIN-Normen sorgfältig berücksichtigt. Ebenso fanden die Entwicklung in der Ausbildung technischer Zeichner und die Fortschritte auf dem Gebiete der Zeichentechnik und Zeichengeräte ihren Niederschlag.

Mit Freude und Dank wird die außerordentlich lebhafte und ständig wachsende Anteilnahme der Fachwelt an diesem Buch vermerkt, die sich auch in wertvollen Anregungen für die Weiterentwicklung des Buches äußerte.

Oberhausen-Sterkrade und Hannover, im Januar 1963

A. BACHMANN R. FORBERG

INHALT

1 Einleitung

1.1 Geschichtliches 1
1.2 Normung 2

2 Handhabung und Behandlung der Zeichengeräte

2.1 Zeichenbrett, Zeichenschiene, Zeichendreiecke 3
2.2 Zeichentische und Zeichenmaschinen 4
2.3 Zeichenstifte 6
2.4 Reißzeug 7
2.5 Zeichenzubehör 12

3 Der Zeichenbogen

3.1 Zeichenpapier 16
3.2 Blattgrößen 17
3.3 Beschriftung 18
3.31 Schräge Normschrift. 3.32 Senkrechte Normschrift

4 Darstellung und Bemaßung einfacher Werkstücke

4.1 Zeichnungsmaßstäbe 22
4.2 Grundkörper 23
4.3 Rechtkantige Werkstücke 25
4.4 Zylindrische Werkstücke 31
4.5 Trapez-, sechs- und dreikantige Werkstücke 36
4.6 Pyramidische Werkstücke 39
4.7 Kegelige Werkstücke 41
4.8 Kugelige Werkstücke 42
4.9 Arbeitsfolge beim Aufzeichnen 43

5 Darstellung hohler und abgebrochener Werkstücke

5.1 Schnittzeichnungen 47
5.2 Bruchdarstellungen 54

6 Weitere Zeichenregeln

6.01 Linlengruppen und Linienarten 57
6.02 Schriftfeld und Stückliste 58
6.03 Zeichnungsvordrucke und Kantenschutz 61
6.04 Werkstoffangaben 62
6.05 Schraffuren und Farben zur Kennzeichnung der Werkstoffe 63
6.06 Oberflächenangaben 64
6.07 Besonderheiten der Darstellung und Bemaßung 69
6.08 Kegel, Kegelwinkel und Neigung 83
6.09 Verjüngung, Spitzenwinkel und Neigung 87
6.10 Aufzeichnen von Winkeln und Neigungen 88
6.11 Zeichnungsänderungen 89

7 Toleranzen

7.1 Abmaße in Zahlen 91
7.11 Grundbegriffe. 7.12 Eintragen der Abmaße
7.2 Passungen 95
7.21 Bedeutung und Entstehen. 7.22 Grundbegriffe. 7.23 Paßsysteme. 7.24 Aufbau des ISA-Toleranzsystems. 7.25 Bezeichnung der ISA-Toleranzen. 7.26 Auswahlsystem nach DIN 7154 u. 7155. 7.27 Auswahlsystem n. DIN 7157. 7.28 Eintragen der Kurzzeichen f. ISA-Toleranzfelder

8 Bauelemente

8.1 Schraubverbindungen 103
8.11 Gewinde. 8.12 Schrauben und Muttern. 8.13 Schraubverbindungen. 8.14 Kleindarstellungen von Gewinden und Gewindeteilen
8.2 Nietverbindungen 118
8.21 Allgemeines. 8.22 Arten. 8.23 Niete unter 10 mm Durchmesser. 8.24 Stahlbau- und Kesselbauniete. 8.25 Nietdarstellungen
8.3 Kelle, Federn, Bolzen und Stifte 121
8.31 Kelle. 8.32 Federn. 8.33 Bolzen. 8.34 Stifte
8.4 Schweißverbindungen 127
8.5 Schraubenfedern 134
8.51 Zylindrische, kaltgeformte Druckfedern. 8.52 Zylindrische, warmgeformte Druckfedern. 8.53 Zylindrische Zugfedern
8.6 Zahnräder 136
8.61 Abmessungen. 8.62 Zahnformen. 8.63 Zahngetriebe

9 Geometrische Übungen

9.1 Grundkonstruktionen 144
9.2 Regelmäßige Vielecke 146
9.3 Anschlußbogen 147
9.4 Technische Kurven 149
9.41 Ellipse. 9.42 Parabel. 9.43 Hyperbel. 9.44 Archimedische Spirale. 9.45 Evolvente. 9.46 Zykloide. 9.47 Schraubenlinie (Wendel)

10 Projektionszeichnen

10.1 Rechtwinklige Parallelprojektion 155
10.11 Wesen. 10.12 Projektion der Linien, Flächen und Körper. 10.13 Einführung einer neuen Projektionsebene. 10.14 Ermittlung wahrer Größen
10.2 Körperschnitte und Abwicklungen 159
10.21 Prismatische Körper. 10.22 Zylindrische Körper. 10.23 Pyramidische Körper. 10.24 Kegelige Körper. 10.25 Verschiedene Drehkörper. 10.26 Kugel
10.3 Durchdringungen und Abwicklungen 170
10.31 Prismen. 10.32 Prisma und Pyramide. 10.33 Zylinder. 10.34 Zylinder und Prisma. 10.35 Zylinder und Pyramide. 10.36 Zylinder und Kegel. 10.37 Kegel und Kegel. 10.38 Zylinder und Kugel

11 Parallelperspektiven

11.1 Dimetrische Darstellungen 180
11.11 Rechtwinklige Parallelprojektion auf eine schiefe Bildebene. 11.12 Schiefe Parallelprojektion auf eine lotrechte Bildebene
11.2 Isometrische Darstellungen 186

12 Zeichnungsarten

12.01 Übersicht 189
12.02 Skizzen 189
12.03 Tusche- und Bleizeichnungen 190

12.04 Teilzeichnungen 193
12.05 Gesamtzeichnungen 193
12.06 Stahlbauzeichnungen 202
12.07 Rohrpläne 208
12.08 Schaltpläne (DIN 40719) 210
12.081 Schaltzeichen für Starkstromanlagen. 12.082 Übersichtsschaltpläne. 12.083 Wirkschaltpläne. 12.084 Stromlaufpläne. 12.085 Installationspläne. 12.086 Weitere Pläne. 12.087 Fernmeldeanlagen
12.09 Grafische Darstellungen 216
12.10 Zeichnungen für Druckzwecke 218
12.11 Zeichnungen für Glasbilder und Bildbänder 219
12.12 Sonstige Zeichnungen 220
12.13 Vervielfältigungen 221
12.131 Lichtpausen. 12.132 Fotokopien. 12.133 Fotomechanische Verfahren
12.14 Beschneiden, Falten und Aufbewahren der Zeichnungen 225

Hinweise auf DIN-Normen 227
Sachweiser 228

Hinweise auf DIN-Normen in diesem Werk entsprechen dem Stande der Normung bei Abschluß des Manuskriptes. Maßgebend sind die jeweils neuesten Ausgaben der Normblätter des DNA, die durch die Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin W 15 und Köln, zu beziehen sind. — Sinngemäß gilt das gleiche für alle in diesem Buche angezogenen amtlichen Richtlinien, Bestimmungen, Verordnungen usw.

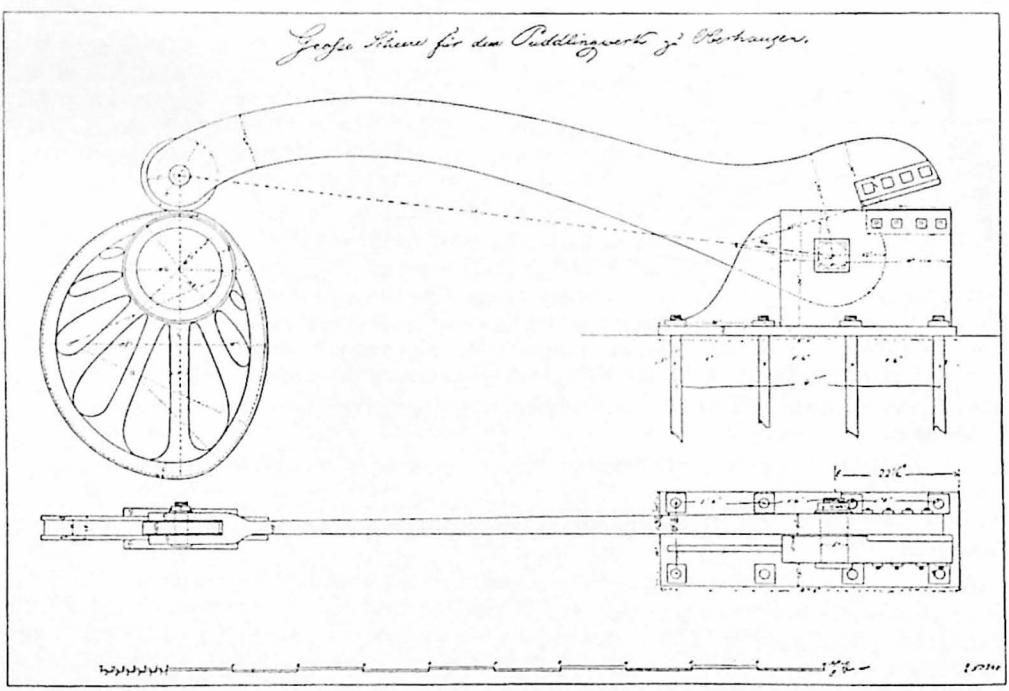
1 Einleitung

Zeichnen ist eine Kunst, Formen und Gedanken bildhaft darzustellen. Die Zeichnung wird entweder freihändig entworfen oder mit besonderen Werkzeugen und Geräten unter Einhaltung gewisser Vorschriften angefertigt. Es wird daher zwischen dem freien, künstlerischen Zeichnen und dem gebundenen, technischen Zeichnen unterschieden.

1.1 Geschichtliches

Technisches Zeichnen reicht mit den Anfängen weit in die Vorzeit zurück. Den großen Bauten des Altertums lagen bereits sorgfältig ausgearbeitete Pläne zugrunde. Im Mittelalter waren die Klosterschulen Pflegestätten des technischen Zeichnens. Auch in den Zünften und in den Bauhütten in der Nähe größerer Vorhaben wurde mit Zeichnungen umgegangen.

Technisches Zeichnen war allerdings lange Zeit hindurch eine nur von wenigen Menschen ausgeübte Fertigkeit und oft sogar ein sorgsam behütetes Geheimnis, wenn es z. B. der Planung militärischer Befestigungsbauten diente. Die Industrialisierung in der jüngeren Vergangenheit aber gab dem technischen Zeichnen einen starken Auftrieb. Der Anwendungs-



1.1 Zeichnung aus dem Jahre 1835 (Aus dem Archiv der Gutehoffnungshütte)

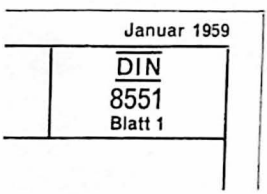
bereich wurde größer und vielgestaltiger. Zeichengeräte aller Art wurden entwickelt, feste Arbeitsregeln kamen auf, und bald wurde Technisches Zeichnen in die Ausbildung für technische Berufe aufgenommen. Einen Schritt in dieser Entwicklung zeigt die in Bild **1.1** wiedergegebene, etwa 130 Jahre alte Zeichnung.

Heute ist die technische Zeichnung eine wichtige Unterlage für industrielle und handwerkliche Arbeiten. Es werden einzelne Werkstücke, aber auch Übersichten über den Zusammenbau der Teile zu Maschinen, Apparaten und Geräten und vieles andere gezeichnet. Auch der Stahlbau, der Behälter- und Rohrleitungsbau, der Bau elektrischer Anlagen und andere Zweige bedürfen des technischen Zeichnens als Ausdrucks- und Verständigungsmittel, als Bindeglied zwischen Entwurf und Ausführung.

1.2 Normung

Technisches Zeichnen setzt gute Werkzeuge und Hilfsmittel, geometrische Kenntnisse und auf höherer Stufe Kenntnisse über die Eigenschaften, Verwendung und Bearbeitung der Werkstoffe und über die Wirkungsweise von Maschinen und Geräten voraus.

Unerläßliche Vorbedingung ist außerdem die Beherrschung der Zeichnungsnormen. Sie bedeuten Vereinheitlichung und Ordnung im Zeichnungswesen und sind in freiwilliger Gemeinschaftsarbeit der daran interessierten Kreise entstanden. Leitende und organisierende Stelle für die gesamte Normungsarbeit ist der Deutsche Normenausschuß (DNA), bei dem für die ständige Bearbeitung der Zeichnungsnormen ein besonderer Ausschuß besteht. Die Ergebnisse aller Normungsarbeit werden auf besonderen Blättern, den Normblättern, herausgegeben. Sie tragen im oberen rechten Feld unter dem Ausgabedatum das Zeichen DIN, eine Ordnungsnummer und gegebenenfalls weitere Angaben (2.1).



2.1 Kennzeichnung eines Normblattes

DIN war seit 1917 die Abkürzung für „Deutsche Industrie-Normen". Nach der Umbildung des „Normenausschusses der Deutschen Industrie" in den „Deutschen Normenausschuß" im Jahre 1926 wurde DIN als „Das ist Norm" gedeutet. Seit 1951 ist auch diese Auslegung überholt. Nunmehr ist DIN das Kennzeichen für die Gemeinschaftsarbeit des Deutschen Normenausschusses. Mit dem „Verbandszeichen" DIN gekennzeichnete Erzeugnisse sind nach den für sie festgelegten DIN-Normen hergestellt.

Normung erleichtert und verbilligt die Arbeit, steigert die Leistung und ist im Zeichnungswesen Vorbedingung für eine klare Verständigung. Es ist daher wichtig, sich gründlich und laufend über das Deutsche Normenwerk zu unterrichten. Gelegenheit hierzu bietet der Deutsche Normenausschuß, Berlin W 15 und Köln, insbesondere mit folgenden Veröffentlichungen:

dem Normblattverzeichnis[1]), in welchem die Normblätter und Normblattentwürfe vermerkt sind.

den DIN-Mitteilungen[1]), dem allmonatlich erscheinenden Zentralorgan der Deutschen Normung, und

der Einführung in die DIN-Normen[2]), die zahlreiche, wesentliche Normen umfassend behandelt.

[1]) Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin W 15 und Köln.
[2]) Klein, M.: Einführung in die DIN-Normen. Verlag B. G. Teubner, Stuttgart.

2 Handhabung und Behandlung der Zeichengeräte

2.1 Zeichenbrett, Zeichenschiene, Zeichendreiecke

Zeichenbretter bestehen aus ast- und fugenfreiem Pappel- oder Lindenholz oder aus Holzfaserplatten, sollen zumindest an der linken Seite eine völlig ebene Kante zum Anlegen der Zeichenschiene haben und so auf dem Tisch liegen, daß ein flüssiges Arbeiten in unverkrampfter Körperhaltung möglich ist.

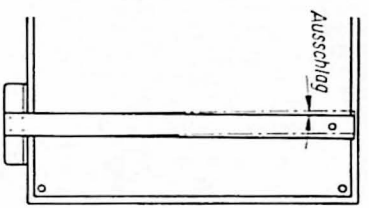
Die Größen der Bretter sind genormt (DIN 3100) und betragen

250 × 350 mm	700 × 1000 mm	1250 × 1750 mm
350 × 500 mm	1000 × 1500 mm	1250 × 2000 mm
500 × 700 mm		

Zeichenschienen sind aus Kunststoff oder seltener aus Buchen-, Birnbaum- oder Mahagoniholz gefertigt. Sie müssen über die ganze Breite des Zeichenbrettes reichen. Bleistift und Reißfeder gleiten nur an der oberen Kante der Zunge entlang.

Auch Zeichenschienen sind genormt (DIN 3101). Die Zungenlängen (ohne Kopf) betragen 350, 500, 650, 700, 920, 1000 mm usf.

Einwandfreies Arbeiten ist nicht möglich, wenn die Zunge wackelt, weil sie locker geworden oder die Anlegekante am Zeichenbrett oder am Schienenkopf uneben ist (3.1). Zeichenschienen sollen nicht längere Zeit gegen eine Wand gelehnt, sondern im Loch der Zunge aufgehängt werden, weil sie sich sonst durchbiegen. Das Führen eines Messers an der Ziehkante zum Abtrennen des Zeichenbogens muß wegen der Gefahr des Einschneidens unterbleiben.

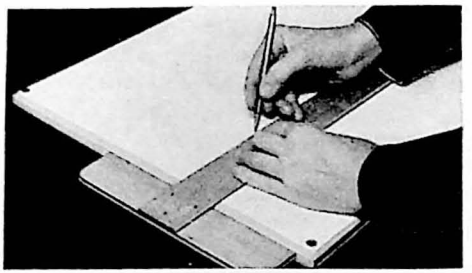


3.1 Wackelnde Zeichenschiene

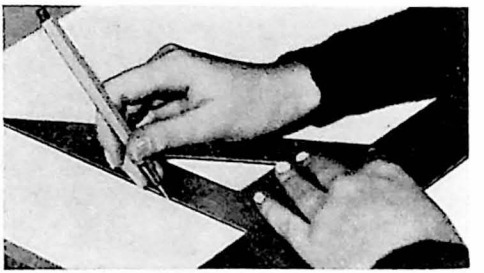
Zeichendreiecke aus Holz sind kaum noch im Gebrauch. Dreiecke aus durchsichtigem oder undurchsichtigem Kunststoff sind haltbarer, unempfindlich gegen Luftfeuchtigkeit und verziehen sich nicht, müssen aber öfter gereinigt werden. Meist genügen ein 45°/90° und ein 30°/60°/90°-Dreieck.

Zeichendreiecke sind ebenfalls genormt (DIN 3102). Die Längen der Hypotenusen der 45°/90°-Dreiecke und die großen Katheten der 30°/60°/90°-Dreiecke betragen 160, 200, 250, 320 mm usf.

Zum Ziehen waagerechter Striche drückt die linke Hand den Kopf der Zeichenschiene an die linke Kante des Zeichenbretts, gleitet nach rechts über die Zunge und hält sie dann in der gewünschten Lage in der Nähe des zu ziehenden Striches fest. Der Zeichenstift wird von links nach rechts an der Zunge entlanggeführt (4.1). Zum Zeichnen senkrechter Striche steht das Dreieck auf der Schiene. Beide werden zugleich festgehalten. Der Strich ist von unten nach oben zu ziehen, und zwar links am Dreieck, weil das Licht von dieser Seite einfällt (4.2).

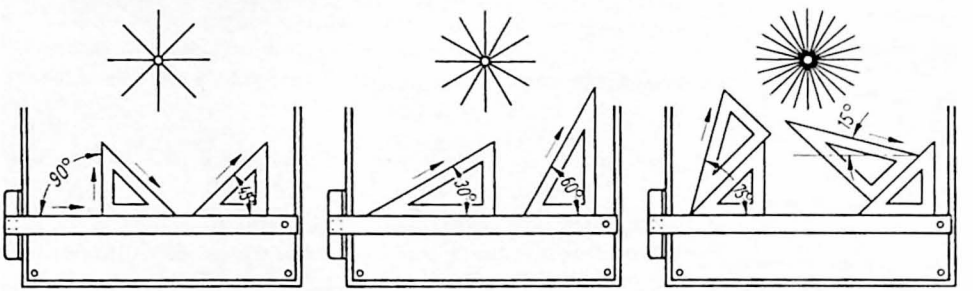


4.1 Ziehen waagerechter Striche



4.2 Ziehen senkrechter Striche

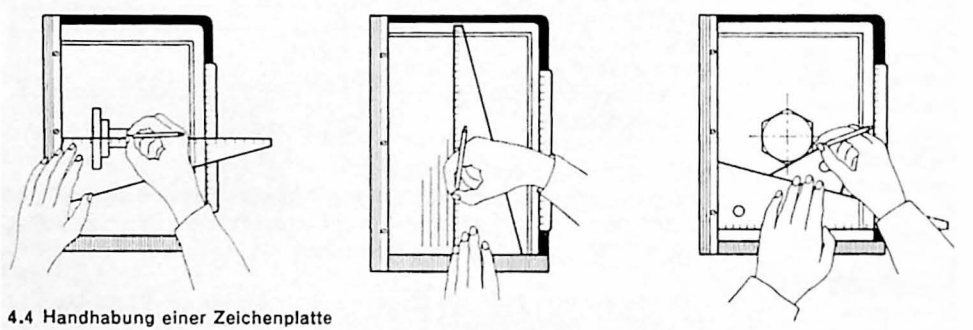
Mit der Zeichenschiene und den beiden Zeichendreiecken lassen sich Winkel von 90° und 45°, 30° und 60°, 75° und 15°, d. h. alle Winkel in Abständen von 15° zu 15°, zeichnen (4.3).



4.3 Aufzeichnen von Winkeln

Zeichenplatten sind nur für kleinere Formate (DIN A 4 und DIN A 3) geeignet.

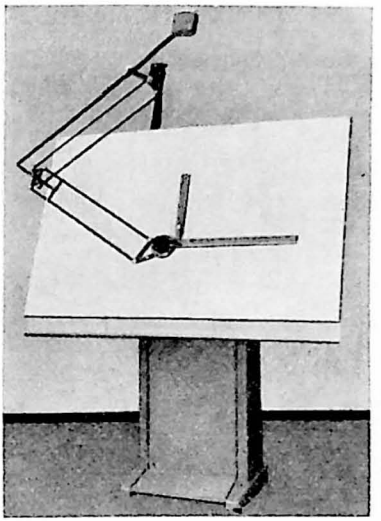
Die Zeichenplatte nach Bild 4.4 hat eine Vorrichtung zum Festklemmen des Zeichenbogens und ein Speziallineal, mit dem durch Anlegen an die Klemmschiene waagerechte Linien und durch Anlegen an eine unten angebrachte Leiste senkrechte Linien gezogen werden können. Außerdem lassen sich mit diesem Lineal und einem 45°/90°-Zeichendreieck alle Winkel zeichnen, zu welchen sonst eine Zeichenschiene und die üblichen zwei Zeichendreiecke nötig wären (4.3).



4.4 Handhabung einer Zeichenplatte

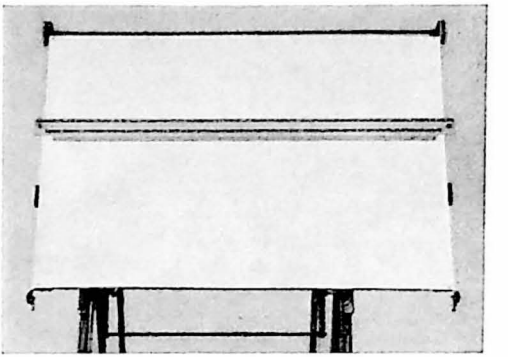
2.2 Zeichentische und Zeichenmaschinen

Zeichentische sind größere Zeichenbretter auf Gestellen (5.1 und 2). Höhenlage und Neigung des Brettes lassen sich verstellen und mit Klemmvorrichtungen, die durch Fuß- bzw. Handhebel betätigt werden, festhalten. Manche Bretter der Zeichentische haben noch eine Zeichenschiene mit Parallelführung (5.2).



5.1 Zeichentisch mit Zeichenmaschine

Diese Zeichenschiene hat eine Griffleiste zum Ablegen der Zeichenwerkzeuge und ist mit beiden Enden an einem endlosen Drahtseil befestigt, das über Rollen an den Ecken des Brettes läuft. Gegengewichte gleichen das Zeichenschienengewicht aus. Durch Nachstellvorrichtungen kann das Drahtseil straff gespannt werden.



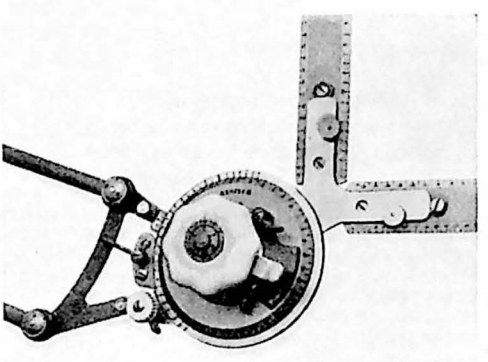
5.2 Zeichentisch mit Zeichenschienenparallelführung

Zeichenmaschinen stellen eine Vereinigung von Zeichenschiene, -dreiecken, Stabmaß, Lineal und Winkelmesser in einem Gerät dar (**5.1**) und beschleunigen die Arbeit wesentlich.

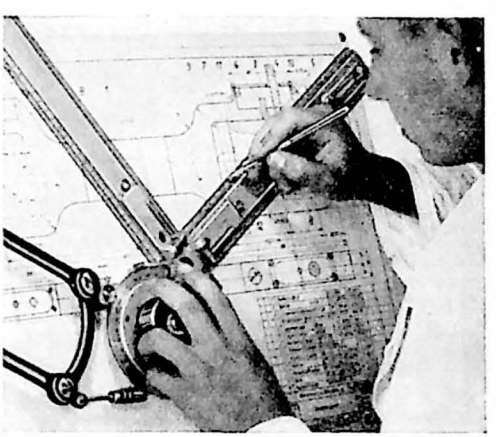
Die obere der beiden hintereinandergeschalteten, beweglichen Parallelogrammführungen ist in dem am Zeichenbrett befestigten Bock gelagert. Die andere trägt den Zeichenkopf (**5.3**), der samt den rechtwinklig zueinander stehenden Stabmaßen mittels der Parallelogrammführungen über die gesamte Zeichenfläche bewegt werden kann. Ein Gegengewicht oder eine Zugfeder bewirkt, daß der Zeichenkopf auf jeder Stelle des Bogens nach dem Loslassen stehenbleibt.

Die linke Hand betätigt den Zeichenkopf. Eine Drehbewegung nach dem Eindrücken des Daumenhebels stellt die Stabmaße auf jeden beliebigen Winkel in beiden Richtungen ein (**5.4**), eine Gradteilung mit Nonius (**88.2**) ermöglicht die Ablesung.

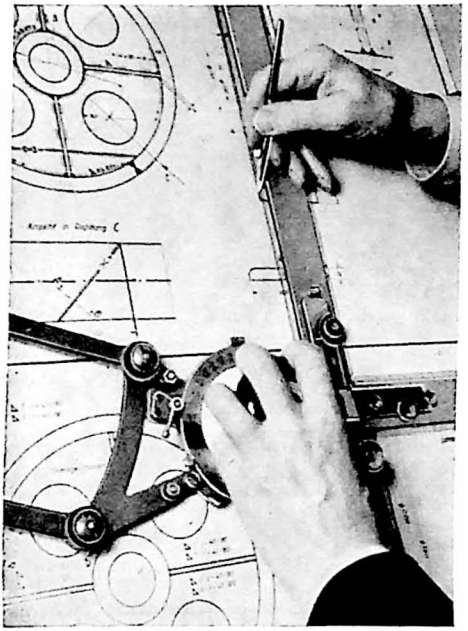
Bei den häufiger vorkommenden Stellungen von 0° 15° 30° 45° 60° 75° und 90° schnappen Sperrstifte in Rasten selbsttätig ein und halten die Stabmaße fest.



5.3 Zeichenkopf

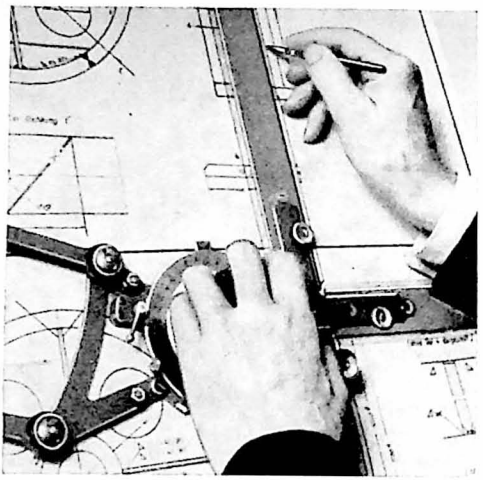


5.4 Betätigung des Zeichenkopfes



6.1 Gebrauch der Außenkante

Senkrechte Linien werden gewöhnlich an der linken Kante des senkrechten Stabmaßes von unten nach oben gezogen (6.1). Lichteinfall von rechts und Gewöhnung lassen aber auch den Gebrauch der anderen Ziehkante von



6.2 Gebrauch der Innenkante

oben nach unten zu (6.2), die aber dann eine Millimeterskala in der gleichen Richtung haben muß. Es ist aber nicht ratsam, abwechselnd an der Außen- und an der Innenkante zu zeichnen, da beide nicht immer parallel sind.

Die Ziehkanten beider Stabmaße müssen genau rechtwinklig zueinander eingestellt sein. Es soll sich mithin eine an dem waagerechten Stabmaß gezogene Linie mit einer am anderen Stabmaß nach dem Umschwenken um 90° gezogenen Linie decken.

Zeichenköpfe haben oft eine Einrichtung zum Einstellen und Einhalten gleicher Schraffurabstände.

Zu einer Zeichenmaschine gehören meist mehrere auswechselbare Stabmaße mit den üblichen Teilungen 1:1 1:2,5 1:5 (22.2) usw. und zum Ausziehen der Linien in Tusche zwei längere Lineale mit eingelegter Zelluloidleiste ohne Teilung.

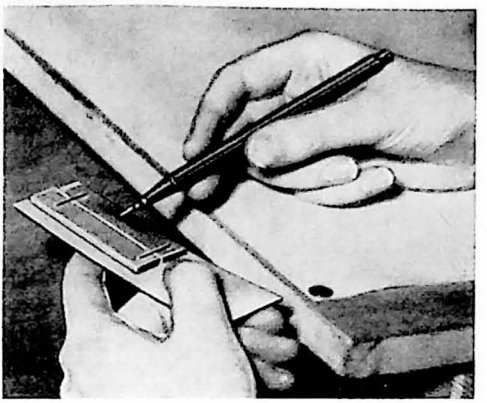
2.3 Zeichenstifte

Zeichenstifte sind sechskantig, liegen daher gut in der Hand und rollen nicht fort. Druckfallstifte haben nachschiebbare, auswechselbare Minen und werden mehr und mehr bevorzugt. Sie müssen die Mine festklemmen, damit sie bei stärkerem Druck auf das Papier nicht zurückrutscht.

Minen bestehen aus Graphit, feingemahlenem Ton und einem Bindemittel. Die Härtegrade sind auf verschiedene Mischungsverhältnisse zurückzuführen; sie weichen trotz gleicher Bezeichnungen seitens der Herstellerfirmen oft ein wenig voneinander ab. Gute Minen haben eine hohe Festigkeit gegen Abbrechen und geben einen gleichmäßigen, radierfähigen Strich. Eine Mine soll etwa 12 mm aus der Spannhülse oder aus der Holzfassung herausragen. Durch Wetzen auf einer Schlichtfeile, auf Schmirgelpapier (7.1), in einem Minenspitzer, der zugleich den Minenstaub sammelt, oder mit einem Minenspitzgerät wird sie angeschärft. Kurze Bleistifte lassen sich in einer Verlängerungshülse bis auf kleinste Reste verbrauchen.

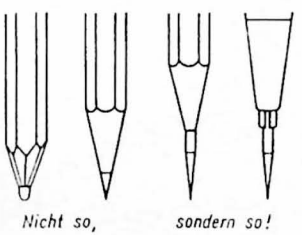
Härtere Minen eignen sich zum Vorzeichnen und für rauhes Papier. Zum Nachziehen und für geglättetes Papier werden weichere Minen gewählt. Eine geübte Hand kommt aber häufig mit einer Mine mittlerer Härte, etwa 3 H oder 2H, und zum Skizzieren mit einer weicheren, etwa 2B oder HB, aus.

Zum Vorzeichnen ist eine schlanke, kegelige Spitze nötig (7.2). Der Zeichenstift wird kurz gefaßt und sowohl in der Ziehrichtung als auch seitlich leicht geneigt (7.3). Die Spitze liegt dann einwandfrei an der Anlegekante. Er wird beim Ziehen langsam um seine Achse gedreht, so daß ein gleichmäßiger Strich entsteht.

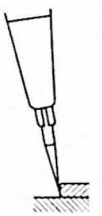


7.1 Wetzen der Mine

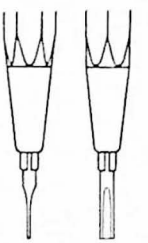
Zum Nachziehen wird die Mine an zwei (7.4) oder an vier Seiten (7.5) angeflacht. Bisweilen sind Bleistifte mit rechtkantigen Minen im Gebrauch. Der Stift wird hin- und herbewegt, aber hierbei nur in der üblichen Ziehrichtung geneigt. Die Dicke der Mine nach der Anschärfung ist ausschlaggebend für die Strichdicke. Für dünnere Striche muß daher mehr abgewetzt werden.



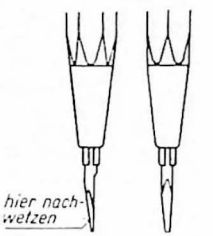
7.2 Kegelig angewetzte Mine



7.3 Seitliche Neigung



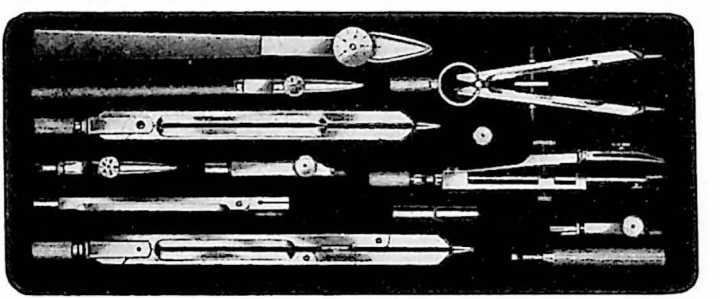
7.4 Zweiseitig angeflacht



7.5 Vierseitig angeflacht

2.4 Reißzeug

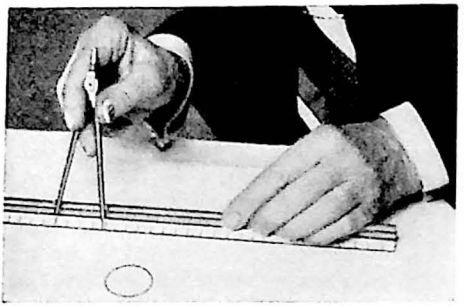
Es soll zumindest enthalten: Stechzirkel, Teilzirkel, Einsatzzirkel mit Bleieinsatz und Reißfedereinsatz mit Verlängerungsstange, ferner einen Nullenzirkel mit Blei- und Reißfedereinsatz, zwei Reißfedern,



7.6 Reißzeug

Schraubenzieher und eine Büchse für Zirkelspitzen und Bleiminen (7.6). Der **Stechzirkel** dient zum Übertragen der Längen vom Stabmaß auf den Zeichenbogen (8.1).

Er wird auch Handzirkel genannt. Die Schenkel tragen gehärtete, auswechselbare Stahlspitzen und laufen oben im Zirkelkopf zusammen. Er soll eine Geradführung haben, damit sich der geriffelte Griff bei jeder Zirkelöffnung selbsttätig auf Mitte der Schenkel einstellt. Ist der Gang des Zirkels nicht gleichmäßig weich oder zu leicht, dann wird die Stellschraube am Kopf mit dem Schraubenzieher nachgestellt.

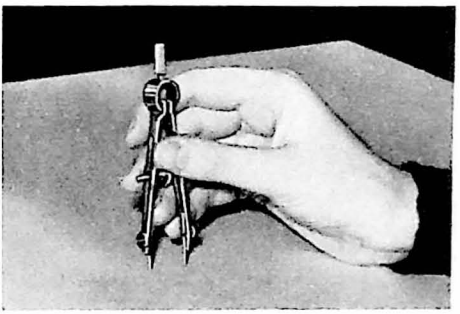


8.1 Einstellen der Zirkelöffnung

Mit den Fingern der rechten Hand wird der Zirkel geöffnet und geschlossen. Zum Abtragen der Abmessungen wird ein Schenkel des Zirkels kurz gefaßt, im Einsatzpunkt aufgesetzt, senkrecht aufgerichtet und die Spitze in das Zeichenpapier sanft eingedrückt. Dann wird die andere Zirkelspitze aufgesetzt und ebenso in das Papier eingestochen. Wegen des besseren Wiederfindens können die Einstiche durch Bleistiftkreise eingefaßt werden.

Der **Teilzirkel** dient zum Übertragen kleinerer Strecken (**8.2**) und hat meist auswechselbare Stahlspitzen.

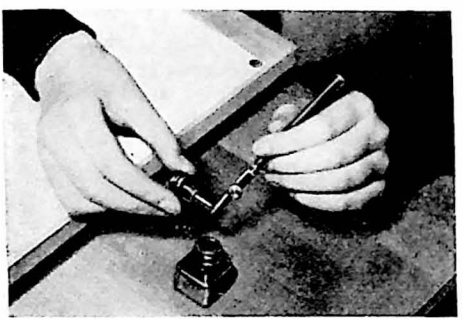
Die Zirkelöffnung wird durch eine mit Rechts- und mit Linksgewinde versehene Schraubspindel eingestellt und bleibt auch beim Abtragen einer größeren Anzahl gleicher Strecken unverändert. Das ist ein erheblicher Vorteil gegenüber dem üblichen Stechzirkel.



8.2 Aufsetzen des Teilzirkels

Tuschelinien werden mit der **Reißfeder** gezogen. Dabei liegt das Zeichenbrett waagerecht oder nur wenig geneigt. Die feingeschliffenen Zungen bestehen aus gehärtetem Stahl oder aus Hartmetall und müssen gleich lang sein. Schlanke Reißfedern eignen sich für dünne, gedrungene für dickere Striche.

Mit einer Schreibfeder, einem Streifen Zeichenpapier, einer Federpose (**8.3**) oder unmittelbar aus einer Tuschepatrone (**13.2**) wird die Tusche in die Spitze tropfenweise eingefüllt, ohne die Außenseiten der Zungen zu benetzen. Zu sehr gefüllte Federn ziehen zu dicke Striche oder klecksen. Ein Probestrich auf dem später abzutrennenden Blattrand soll zeigen, daß die Feder einwandfrei und in richtiger Dicke zieht.



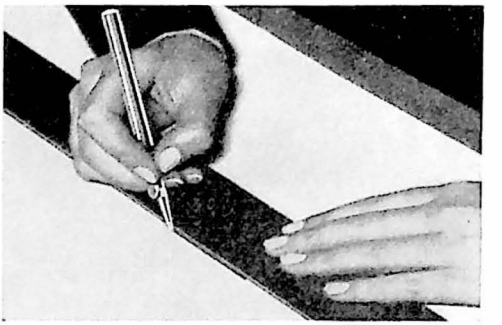
8.3 Füllen der Reißfeder

Löschpapier oder Leinenlappen nehmen den Tuscheüberschuß aus der Feder auf. Mit zu knapp gefüllten Federn lassen sich längere Striche ohne Absetzen nicht ziehen. Verölte oder mit schweißigen Händen berührte Zungen werden mit einem Benzinlappen entfettet. Haarfussel, Gummireste und andere Fremdkörper an der Federspitze oder auf dem Zeichenbrett verderben die Arbeit und sind zu entfernen. Mit einem kleinen Haarbesen werden sie vom Zeichenbogen abgekehrt.

Die Tusche haftet auch auf glänzenden und ölhaltigen Papieren gut, wenn die Zeichenfläche durch Verreiben fein gekörnten Kreidepulvers mit einem weichen Lappen aufnahmefähig gemacht und dann entstaubt worden ist.

Mit drei Fingern wird die Reißfeder kurz gefaßt und mit dem Rücken an der auf dem Zeichenbogen gut aufliegenden Ziehkante entlanggeführt (**9.1**). Waagerechte und wenig geneigte Striche werden von links nach rechts, alle anderen meist von unten nach oben (**6.1**), seltener von oben nach unten (**6.2**) gezogen. Die Feder wird in der Ziehrichtung um etwa 20° geneigt, beide Zungen müssen zugleich die Zeichenfläche berühren. Der Druck der Feder auf das Papier darf nur gering sein, sonst reißt der Zeichenbogen auf.

Reißfedern mit breiteren Zungen, auch Schwedenfedern genannt (9.2), nehmen mehr Tusche auf als gewöhnliche Federn und werden daher für längere und dickere Striche verwendet.

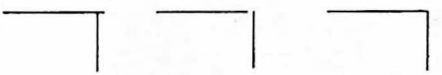


9.1 Haltung der Reißfeder

Die Mitte des Tuschestriches soll mit der Mitte des vorgezogenen Bleistiftstriches zusammenfallen. Muß die Feder für einen längeren Strich nachgefüllt werden, so wird schon vor dem vollständigen Verbrauch der Tusche angehalten und nicht übermäßig, aber mindestens so viel nachgefüllt, wie für den Rest des Striches noch erforderlich ist. Zur Fortsetzung des Striches wird die Feder ein Stück vor dem Ende des unterbrochenen Striches, und zwar allmählich, aufgesetzt, wobei sich die Hand bereits in der Ziehrichtung bewegt. Beim Ausziehen längerer, senkrechter Striche auf einer steilen Zeichenfläche läuft die Tusche im Strich herunter und bildet eine häßliche Verdickung. Das wird vermieden, wenn in diesem Falle von oben nach unten ausgezogen wird. Die Feder wird hierbei ausnahmsweise entgegengesetzt der Ziehrichtung geneigt. Fehler beim Ausziehen zeigen Bild **9.3** bis 5.

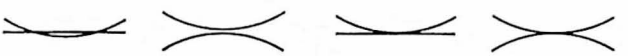
Nach jedem Gebrauch wird der Tuscherest aus der Feder gewischt. Eingetrocknete Tusche ist mit einem feuchten Lappen abzureiben und nicht mit Sandpapier, dem Messer oder einem anderen harten Gegenstand zu entfernen. Reißfedern mit Kreuzscharnieren lassen sich zur Reinigung sehr weit öffnen (**9.6**).

9.2 Reißfeder, schwedische Form



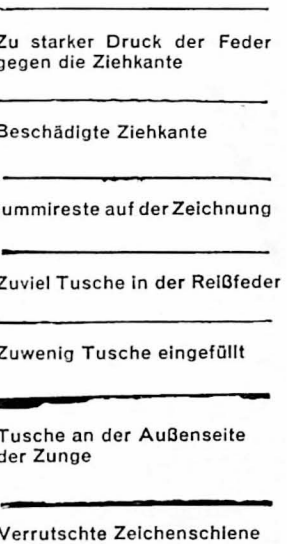
9.3 Ausziehen der Ecken

Nicht so, *sondern so!*



Nicht so, *sondern so!*

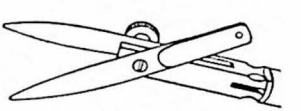
9.4 Ausziehen der Kreise



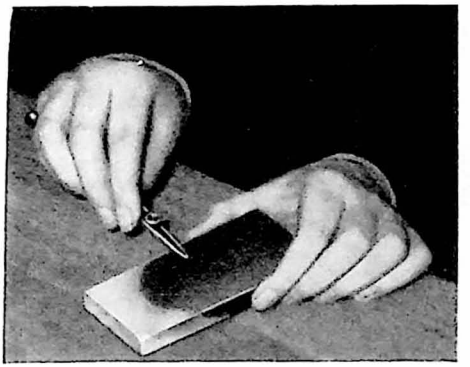
9.5 Fehler beim Ausziehen

Auf rauhen Papieren nutzt sich die Reißfeder sehr ab, sie wird dann auf einem Abziehstein nachgeschliffen.

Hierzu eignen sich sogenannte Arkansassteine, auf die ein Tropfen Öl gegeben wird, oder mit Wasser benetzte Kalkschiefersteine. Die Reißfeder wird kurz gefaßt und so aufgelegt, daß die gewölbte Außenfläche einer Zunge den Stein berührt (**10.1**). Nun wird die Federspitze schaukelnd bewegt und an allen Stellen des Rückens abgeschliffen. Dann wird die andere Zunge vorgenommen, bis beide die richtige Form haben, gleich lang und scharf sind. Nach dem Entgraten werden die Spitzen mit einer Lupe und durch Ziehen einiger Probestriche überprüft.

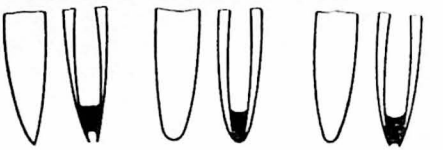


9.6 Kreuzscharnier



10.1 Abziehen der Reißfeder

In zu spitz geschliffenen Zungen (**10.2**a) bleibt die Tusche hängen; aus zu plump geschliffenen (**10.2b**) läuft sie zu leicht heraus und verdickt den Strich, besonders bei langsamer Bewegung der Feder. Die richtig geformte Spitze ist wie der Scheitel einer flachen Ellipse schlank gerundet (**10.2**c).

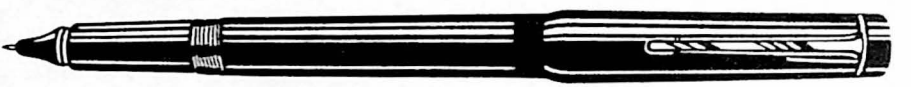


a) zu spitz *b) zu plump* *c) richtig*

10.2 Falsch und richtig angeschliffene Reißfedern

Tuschefüllhalter mit auswechselbaren Federn für Linien aller Dicken und für Schrift aller Größen gestatten ununterbrochenes Arbeiten und haben sich sehr bewährt (**10.3**).

10.3 Graphoshalter (verkleinert) für auswechselbare Federn

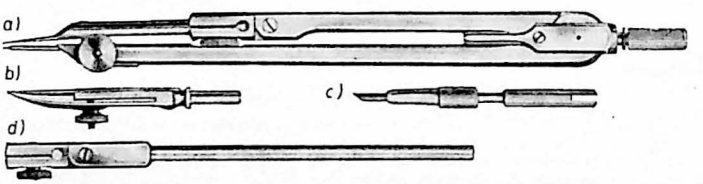


10.4 Rapidograph (verkleinert)

Ohne absetzen zu müssen, lassen sich besonders lange Linien in unveränderter Dicke einwandfrei ziehen. Da nur wenig Tusche herausläuft, trocknet sie sehr schnell. Mit Hilfe einer besonderen Klemme läßt sich der Tuschefüllhalter in den üblichen Einsatzzirkel spannen, so daß auch Kreise einheitlicher Strichdicke gezogen werden können.

Es gibt auch Tuschefüllhalter mit auswechselbaren Patronen für jeweils bestimmte Liniendicken (**10.4**).

Der **Einsatzzirkel** dient zum Zeichnen der Kreise (**10.5**).



10.5
Einsatzzirkel mit Zubehör (verkleinert)
a) Zirkel mit Doppelspitznadeln
b) Reißfedereinsatz
c) Bleieinsatz
d) Verlängerungsstange

Ein Schenkel des Zirkels trägt einen beweglichen Nadelfuß mit einer auswechselbaren, an beiden Enden angespitzten Stahlnadel. Gewöhnlich ist eine Spitze abgesetzt, damit sie beim Schlagen mehrerer Kreise mit gleichem Mittelpunkt nicht unerwünscht tief eindringt. Sonst wird eine, meist dem Reißzeug beigegebene Zentrierzwecke in das Zeichenbrett zum Aufsetzen der Zirkelspitze eingedrückt.

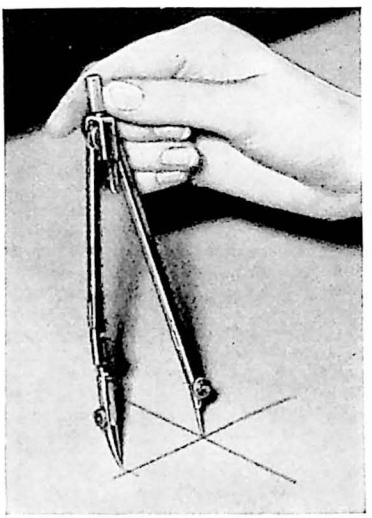
Die Mine des Bleieinsatzes muß eine geeignete Härte haben und so weit aus der Klemmhülse herausragen, daß sich eine schlanke Spitze wetzen läßt. Es genügt, die Mine nur an der Außenseite zu wetzen (**10.5**c).

Die Spitzen aller Einsätze werden auf gleiche Länge eingestellt. Dabei wird zuerst der Reißfedereinsatz aufgesteckt und hiernach die Länge der Nadelspitze am anderen Schenkel eingestellt. Dann werden Bleieinsatz und Nadelspitze des dritten Einsatzes auf diese Länge gebracht.

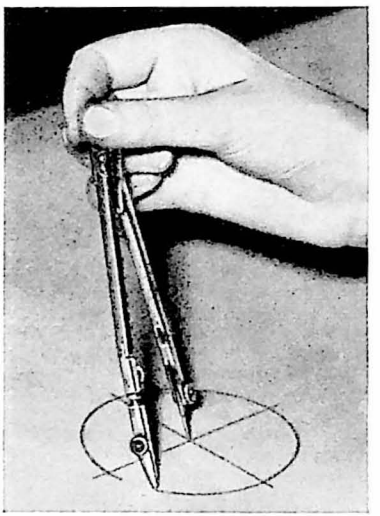
Für Kreise in Blei wird der Halbmesser vom Maßstab abgegriffen oder mit dem Stechzirkel auf dem Zeichenbrett abgetragen und der Zirkel hiernach eingestellt.

Daumen und Zeigefinger der rechten Hand (**11.**1 und 2) drehen den Griff am Kopf des leicht geneigten Zirkels im Sinne der Uhrzeigerbewegung. Halbmesser für Kreise in Tusche werden nach den in Blei vorgezogenen Bogen eingestellt. Die Feder zieht aber nur dann, wenn beide Zungen den Zeichenbogen berühren. Mehrmaliges Umfahren eines Kreises oder das Drehen des Zirkels in verschiedenen Richtungen ergibt zu dicke Linien.

Alle Schrauben des Zirkels müssen fest angezogen sein, damit die Zirkelspitzen bei der Arbeit nicht wakkeln. Der Reißfedereinsatz kann auf ein dem Reißzeug beigegebenes Heft aufgesteckt und dann als Handreißfeder mit unverstellter Strichdicke benutzt werden.



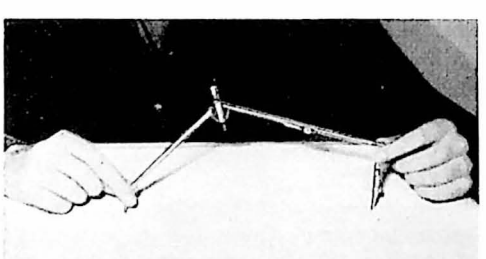
11.1
Fingerhaltung bei Beginn des Zirkelschlages



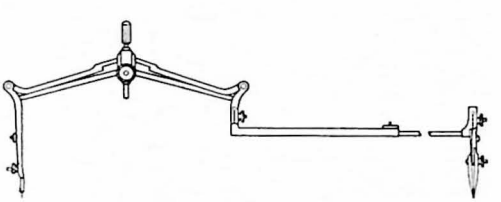
11.2
Fingerhaltung am Ende des Zirkelschlages

Zum Ziehen größerer Kreise wird eine Verlängerungsstange vor dem Einsetzen des Zirkeleinsatzes aufgesteckt (**11.**3) oder aus einem Zirkelschenkel herausgezogen (**11.**4).

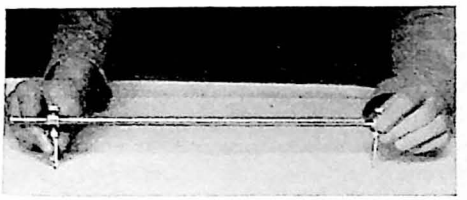
Die Spitzen des Zirkels sollen senkrecht zur Zeichenebene stehen. Das geschieht durch Einstellen des Kniegelenks und des beweglichen Nadelfußes von Hand oder selbsttätig durch eine besondere Konstruktion am Zirkel (**11.**4).



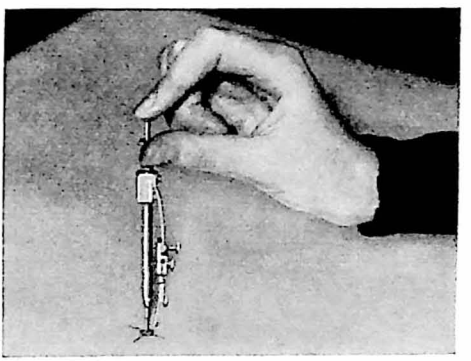
11.3 Einsatzzirkel mit aufgesteckter Verlängerungsstange



11.4 Herausgezogene Verlängerungsstange



12.1 Betätigung des Stangenzirkels



12.2 Betätigung des Fallnullenzirkels

Große Kreise werden mit dem **Stangenzirkel** gezogen (12.1). Er hat mehrere Einsätze und soll mit leichtem Druck und ohne zu federn über das Papier gleiten.

Der **Nullenzirkel** (12.2) dient zum Zeichnen kleinster Kreise und hat einen Blei- und einen Reißfedereinsatz. Die Miene des Bleieinsatzes ist besonders schlank und spitz anzuschärfen. Der Zirkel ist gewöhnlich ein Fallnullenzirkel und wird mit nur einer Hand betätigt. Die Einsatzstange wird mit dem Zeigefinger bis zum Anschlag aus dem drehbaren Zirkelkörper herausgeschoben; die Stahlspitze wird im Einsatzpunkt senkrecht aufgerichtet und der Drehteil vorsichtig losgelassen, so daß die andere Spitze den Bogen berührt. Mit einer kurzen Daumenbewegung am geriffelten Bund wird schließlich der Drehteil gegen den Uhrzeigersinn einige Male herumgeschleudert. Danach wird der Drehteil gehoben und der Zirkel abgenommen.

Lebensdauer des Reißzeugs und Güte der Arbeit hängen von der Handhabung und Pflege der Teile ab. Die einzelnen Geräte müssen sehr behutsam behandelt werden und dürfen nur für solche Arbeiten dienen, für die sie geschaffen sind. Sie dürfen nicht wahllos durcheinanderliegen und nicht herunterfallen, denn Zirkel und Reißfedern mit verbogenen oder abgebrochenen Spitzen sind nicht mehr brauchbar. Von Zeit zu Zeit sollen die Gleitflächen der Geräte mit Knochenöl leicht eingefettet und alle anderen Stellen mit einem weichen, trockenen Lappen abgerieben werden. Radiergummireste sind sofort aus dem Behälter herauszubürsten, weil der im Gummi enthaltene Schwefel die metallenen Teile im Laufe der Zeit unansehnlich macht. Nach beendeter Arbeit werden alle Teile in die vorgesehenen Vertiefungen des Behälters gelegt; dann wird auf Vollständigkeit geprüft und der Deckel behutsam geschlossen.

2.5 Zeichenzubehör

Es ist zweckmäßig, unter das Zeichenblatt einen Bogen dickeres Zeichenpapier oder eine Unterlage aus mattem Kunststoff (Astralon oder Circolon) zu spannen. Zeichenbretter mit aufgeklebter Kunststoffolie bewähren sich und sind bereits im Handel zu haben.

Klebeband (Kreppband) dient zum Befestigen des Zeichenblattes.

Es hinterläßt keine Spuren auf dem Papier und Zeichenbrett. Außerdem lassen sich Zeichenschiene und -dreiecke ungehindert über die Zeichenfläche bewegen. Durchsichtiges Klebeband wird auch zum Ausbessern eingerissener Zeichnungen benutzt.

An Stelle des Klebebandes können Heftzwecken verwendet werden, nicht aber bei Zeichenbrettern aus Holzfaser-Hartplatten oder bei aufgespannten Kunststoffolien.

Gute Reißnägel haben eine schlanke, kegelige Stahlspitze und einen sehr flach gewölbten, großen Kopf. Die Stifte werden so tief eingedrückt, daß der Bogen durch den unteren Rand des Kopfes festgeklemmt wird. Zum bequemen Lösen kann ein Zweckenheber verwendet werden.

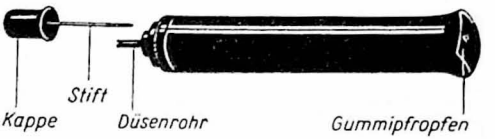
Stabmaße bestehen aus Holz und haben maßstäbliche Teilungen (22.2) auf Zelluloidbelägen. Bruchteile eines Millimeters werden nach Schätzung abgenommen. Stabmaße aus Metall sind nicht geeignet, da die Zirkelspitzen bei häufigem Abgreifen bald stumpf werden.

Schwarze Tusche dient zum Ausziehen und Beschriften. Für Sonderfälle gibt es farbige Tusche, die zur Erzielung neuer Farbtöne auch untereinander vermischt werden kann. Tusche

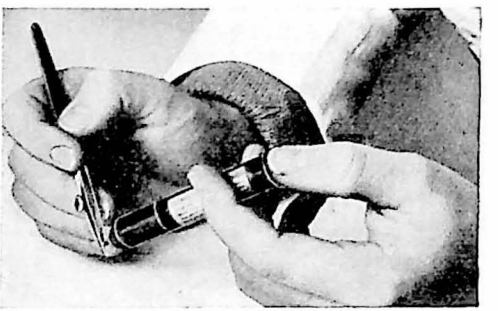
muß dünnflüssig sein, aber dennoch eine starke Deckkraft haben und sich nach völligem Trocknen weder verwischen noch abwaschen lassen. Platzt die Tusche vom Papier ab, dann ist sie minderwertig, war zu dickflüssig, oder die Zeichenfläche war nicht genügend entfettet. Eingedickte Tusche wird mit destilliertem Wasser verdünnt.

Tusche kann in Glasflaschen bezogen werden, bei größerem Bedarf sogar literweise. Tuschefläschchen haben im Kork meist eine Federpose zum Füllen der Feder (8.3) und können zur Sicherung gegen Umstoßen in einen Blech- oder Holzsockel gesetzt werden.

Sehr bewährt haben sich Tuschepatronen (13.1). Das sind nachfüllbare und mit einem Gummipfropfen am Boden verschlossene Behälter. Am anderen Ende befindet sich ein Düsenrohr, das durch einen Stift in einer aufsetzbaren Kappe verschließbar ist. Durch leichten Druck gegen den ballgen Gummipfropfen fließt ein Tropfen Tusche aus der nach unten geneigten Patrone unmittelbar in das entgegengehaltene Arbeitsgerät (13.2).



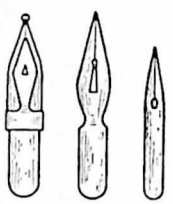
13.1 Tuschepatrone



13.2 Füllen der Reißfeder aus der Tuschepatrone

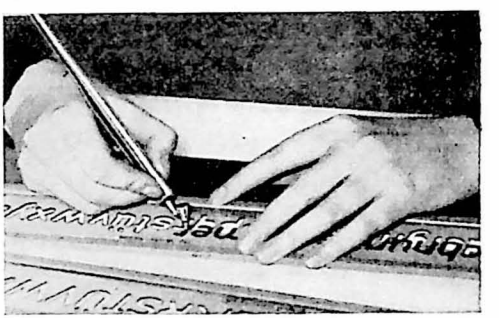
Platten-, Schreib- und Zeichenfedern (13.3) dienen zum Beschriften der Zeichnungen und zum Eintragen der Maßzahlen und Maßpfeile.

Federn, die für Tinte gebraucht wurden, sind nicht ohne weiteres für Tusche verwendbar. Stehen neue Federn nicht zur Verfügung, dann sind Tintenreste mit einer kleinen Flamme abzubrennen und gut abzuwischen, da sonst die eingefüllte Tusche verkrustet.



13.3 Platten-, Schreib- und Zeichenfeder

13.4 Röhrchenfeder

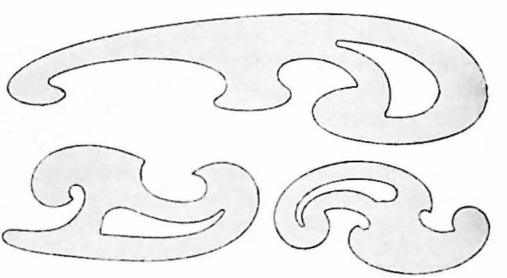


13.5 Schablonenschrift

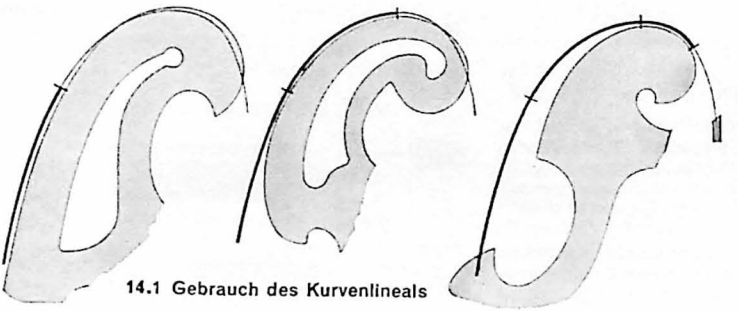
Schriftschablonen haben für die einzelnen Buchstaben und Zahlen Schlitze, in denen mit Tusche gefüllte Röhrchenfedern (13.4) entlanggeführt werden (13.5).

Schablonenschrift s. S. 20.

Kurvenlineale sind zum Zeichnen von Krümmungen nötig. Von den überaus zahlreichen Formen sind die abgebildeten drei für den normalen Bedarf ausreichend (13.6).



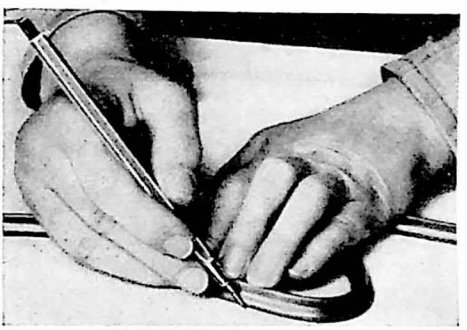
13.6 Kurvenlineale (nach Professor Burmester)



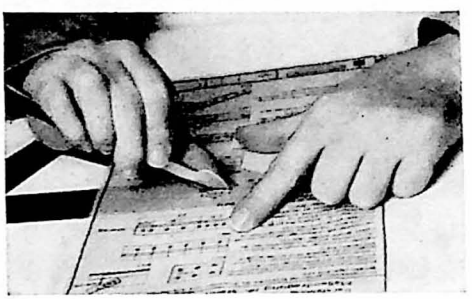
14.1 Gebrauch des Kurvenlineals

Eine Kurve wird unter Berücksichtigung der festgelegten Punkte zunächst freihändig entworfen und Stück um Stück an sorgfältig ausgesuchten Krümmungen eines geeigneten Kurvenlineals mit dem Bleistift sauber gezeichnet und erst dann in Tusche ausgezogen (14.1).

Biegsame Kurvenlineale (14.2), z. B. aus dreieckig profiliertem Gummi mit Metalleinlage, lassen sich, von starken Krümmungen abgesehen, auf beliebige Kurven einstellen und wieder ausrichten.



14.2 Biegsames Kurvenlineal



14.3 Gebrauch des Radiermessers

Radiermittel sind Gummi, Radiermesser, Glashaarpinsel und gebrauchte Rasierklingen. Mit weichem Bleistift gezogene Striche werden mit einem weichen Gummi entfernt. Für Striche von einem härteren Blei kommt ein härterer Gummi in Betracht.

Guter Gummi radiert auf den ersten Schub, schmiert nicht, färbt nicht ab und behält die Radiereigenschaften jahrelang. Schmutziger Gummi ist an einer sauberen Stelle am Rande des Zeichenbogens abzureiben.

Radiermesser, Rasierklinge, Glashaarpinsel oder harter Scharfgummi nehmen die Tuschestriche weg. Dazu wird eine harte, ebene Platte, z. B. Zeichenschiene oder Taschenspiegel, unter das Papier gelegt.

Die Klinge des Radiermessers bildet mit der Papierfläche einen Winkel von etwa 90° und schabt bei leichtem Druck in Längsrichtung des fehlerhaften Striches. Rasierklingen werden dabei etwas durchgebogen. Glashaarpinsel haben feingesponnenes Glashaar. Es darf nur wenig aus der Hülse herausragen und arbeitet sehr mild.

Beim Radieren spannen zwei Finger der linken Hand die zu verbessernde Stelle des Bogens glatt (14.3). Zum Radieren größerer Flächen wird der Bogen mit der linken Hand festgehalten und mit der anderen, und zwar von der haltenden Hand fortweisend, radiert.

Die Radierstellen werden gewöhnlich mit einem härteren Bleigummi nachgerieben und dann mit Daumennagel oder Falzbein geglättet. Vor dem Nachziehen der Linien in Tusche wird die radierte Stelle mit einem weichen Bleistift reichlich und gleichmäßig geschwärzt. Auf der Graphitschicht läuft die Tusche selbst auf weniger guten Papieren nicht aus. Mehrmaliges Nachziehen mit einer enger gestellten Ziehfeder ist sehr zweckmäßig.

Radiermesser müssen von Zeit zu Zeit auf einem Abziehstein haarscharf gemacht werden. Die Schneide wird von beiden Seiten angeschärft und dann entgratet.

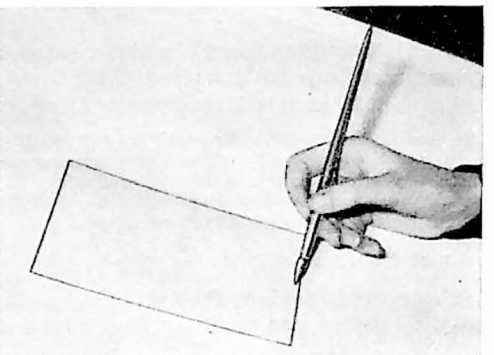
Wasserfarben dienen zum Anlegen der Tuschezeichnungen (**15.1**). Sind größere Flächen zu färben, dann muß der Bogen aufgezogen werden, damit er sich nicht wellt.

Er wird auf der ganzen Rückseite mit einem Schwamm leicht und gleichmäßig angefeuchtet. Dabei dehnt er sich. Dann werden die später abfallenden Ränder rückseitig mit einem gut haftenden Klebemittel bestrichen. Nun wird der Bogen auf ein altes Zeichenbrett geklebt und auch die Vorderseite mit dem Schwamm angefeuchtet. Der Bogen dehnt sich dadurch noch mehr aus und wird durch fortwährendes Ziehen an den Rändern straffgezogen. Während des Trocknens und Zusammenziehens trocknet auch der Klebstoff, so daß am Ende ein straffgespannter, glatter Bogen zur Verfügung steht.

Der schräggestellte Bogen wird mit dünnflüssiger Farbe von oben nach unten angelegt.

Es ist nur so viel Farbe aufzutragen, daß sie nirgends eintrocknen kann. Bereits getrocknete Stellen dürfen zur Vermeidung von Wolken nicht noch mal bestrichen werden, es sei denn, daß die gesamte Fläche abermals angelegt werden soll. Überflüssige Farbe sammelt sich an den tiefsten Stellen an und wird mit dem ausgedrückten Pinsel aufgesaugt. Ist das Anlegen mißlungen, dann muß die ganze Farbe mit einem Schwamm abgewaschen und nach dem Trocknen von neuem begonnen werden. Erst wenn die Farbe überall gut getrocknet ist, wird der Bogen abgeschnitten.

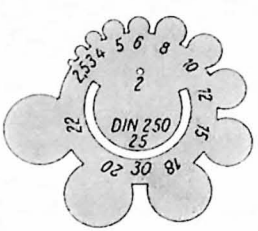
Klarpapiere sind zum Anlegen größerer Flächen ungeeignet, weil sie sich durch Feuchtigkeit stark verziehen.



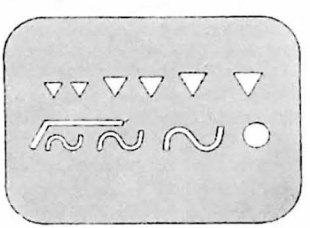
15.1 Anlegen einer Fläche

Farbstifte. Die Striche einer Zeichnung sind grundsätzlich schwarz. Teile, die sich hervorheben sollen und bei denen dies durch eine andere Strichart nicht zu erreichen ist, können farbig gezogen werden. Die Minen der Farbstifte sollen bruchfest sein und scharf umrissene und unverwischbare Striche geben. Mit manchen Minen können sogar wasserfeste, lichtpausbare und sehr feine Striche gezogen werden.

Schablonen für allgemeine und besondere Zwecke sind sehr häufig im Gebrauch. Am bekanntesten ist die Rundungsschablone (**15.2**), an der nach Anlegen des erforderlichen Kreisbogens die Rundung gezogen werden kann, und die Schablone für Oberflächenzeichen (**15.3**). Andere Schablonen wieder dienen zum Zeichnen von Muttern, Nieten, Ellipsen u. a.



15.2 Rundungsschablone



15.3 Schablone für Oberflächenzeichen

Gutes Licht ist halbe Arbeit. Die Zeichenräume müssen hell sein. Reicht Tageslicht nicht aus, ist elektrisches Licht einzuschalten. Die Leuchten sollen das Licht nach allen Seiten werfen, damit durch Rückstrahlung von Decke und Wänden Streulicht entsteht, das keine störenden dunklen, sondern helle und weiche Schatten gibt. Zeichenmaschinen haben bisweilen verstellbare Leuchten, die der Bewegung des Zeichenkopfes folgen. Das Licht soll von links vorn bzw. von links oben einfallen, damit die Striche an belichteten und nicht an beschatteten Kanten gezogen werden können. Ferner ist der Arbeitsplatz so einzurichten, daß eine Blendung der Augen vermieden wird. Zur Schonung der Sehkraft ist außerdem ein ausreichender Abstand zwischen Augen und Zeichenbrett einzuhalten.

3 Der Zeichenbogen

3.1 Zeichenpapier

Das Zeichenpapier kommt in verschieden breiten und langen Rollen und in bereits zugeschnittenen Bogen in den Handel. Die Dicke des Papiers ist von der Gewichtsstufe abhängig. Sie wird in Gramm je Quadratmeter (g/m^2) angegeben.

Die Oberfläche ist entweder rauh und matt (naturglatt) oder glatt und leicht glänzend (satiniert). Glattes Papier wird vorwiegend für Tuschezeichnungen verwendet, da sich die Reißfeder nicht so sehr abnutzt. Andererseits entsteht auf rauherem Papier ein schwärzerer Bleistiftstrich. Für Bleistiftzeichnungen wird daher rauhes Papier vorgezogen. Die Bereitstellung eines Papiers mit einer glatten und einer rauhen Oberfläche kann sehr vorteilhaft sein.

Es gibt mehrere Sorten:

Lichtundurchlässiges Papier, gewöhnlich Zeichenpapier genannt, ist weiß, bisweilen auch gelblich getönt und dient zur Herstellung nichtlichtpausbarer Zeichnungen.

Geringwertigere Sorten bestehen aus Zellstoff mit Holzschliffzusatz, Mittelsorten nur aus Zellstoff, hochwertigere Papiere aus Zellstoff mit Zusatz von Hadern (Leinen, Hanf, Baumwolle, Nessel) oder Reinhadern. Mit Hadern verarbeitete Papiere sind härter und gegen Einreißen fester als die übrigen.

Für hohe Beanspruchung stehen Zeichenpapiere mit hinterklebtem Gewebe und undehnbarer Zeichenkarton mit Aluminiumeinlage zur Verfügung.

Auf guten Papieren dürfen Tuschestriche bis zu 2 mm Dicke während des Trocknens an der Luft nicht auslaufen und müssen sich, ohne daß das Papier dabei aufreißt, abradieren und wieder einwandfrei ziehen lassen. Wasserfarben sollen nicht abgestoßen werden. Gute Papiere müssen unbedingt holzfrei, tuschefähig, zäh, radierfest, lichtbeständig und abwaschbar sein. Luftfeuchtigkeit darf sie nur wenig verändern.

Lichtdurchlässiges Papier. Hierzu gehören Klarpapier, Ölklarpapier u. a. Klargewebe.

Klarpapier, früher Transparentpapier genannt, ist fett- und ölfrei und von meist hellgrauer Farbe. Es wird aus besonders kurz und schleimig gemahlenen Grundstoffen hergestellt und hauptsächlich zur Herstellung lichtpausbarer Stammzeichnungen gebraucht. Klarpapier muß tusche- und radierfest und gut lichtdurchlässig sein.

Die Lichtdurchlässigkeit (Transparenz) wird durch Lichtpausproben geprüft. Je heller der Untergrund der Lichtpause ist, je größer ist die Lichtdurchlässigkeit. Es können auch mehrere Bogen auf eine mit Schrift versehene Zeichnung gelegt werden. Je größer die Anzahl der Bogen bis zur Unleserlichkeit ist, um so lichtdurchlässiger ist das Papier.

Durch warme und trockene Luft wird Klarpapier spröde, höherer Feuchtigkeitsgehalt und sehr dicke Tuschestriche machen es welllg, Nässe verdirbt es. Wegen seiner Brüchigkeit soll es nicht gekniffen werden.

Dickere Papiere sind zwar fester, haltbarer und besser zu radieren, aber auch weniger lichtdurchlässig und teurer als dünnere Sorten.

Pergamin und Pergazell sind besonders stark geglättete, mit Kunstharzen getränkte Klarpapiere von außerordentlicher Lichtdurchlässigkeit. Sie verziehen sich kaum und werden fast ausschließlich für Tuschezeichnungen gebraucht.

Ölklarpapier, früher Ölpauspapier genannt, hat bläuliche, grünliche, gelbliche, bisweilen auch weiße Färbung. Es besteht aus zähen Rohstoffen, ist mit Pflanzenöl und Harzgemischen getränkt, luftgetrocknet, meist beiderseits hochgeglättet und zeichnet sich durch große Lichtdurchlässigkeit aus. Es wird für Zeichnungen in Tusche verwendet, in Deutschland aber kaum noch hergestellt.

Tusche- und Radierfestigkeit sind auch hier selbstverständliche Forderungen. Da die Veränderung des Papiers durch Feuchtigkeitseinflüsse äußerst gering ist, liegt es immer glatt und wellenfrei auf.

Klargewebe, auch Pausgewebe genannt, von bläulicher oder weißer Färbung, besteht aus textilen Rohstoffen und ist infolge besonderer Behandlung sehr lichtdurchlässig. Es kommt für Bleistift- und Tuschezeichnungen in Betracht, die auch bei häufiger Benutzung sehr lange haltbar sind. Klargewebe ist nicht gefettet, sehr reiß- und radierfest, hat eine matte oder leicht glänzende Oberfläche und verzieht sich kaum.

Klarzell ist eine fast glasklare, aus Zellstoffmaterial (Zelluloid, Zellon) oder Kunststoff hergestellte, meist beiderseits geglättete, filmartige Zeichenhaut von gewöhnlich bläulicher Farbe. Es ist unempfindlich gegen Wärme und Nässe, von höchster Durchsicht und Radierfestigkeit, liegt völlig plan auf und wird häufig für Vermessungspläne und für die eilige Herstellung von Diapositiven gebraucht.

Hostaphan ist eine hochtransparente Folie mit ebenfalls guten Qualitäten zur Herstellung von Stammzeichnungen.

Millimeterpapier ist undurchsichtiges Zeichenpapier oder Klarpapier mit blauer, brauner oder andersfarbiger Teilung. Es wird für graphische Darstellungen, oft auch für Skizzen benutzt. Soll die Millimeterteilung nicht auf der Lichtpause erscheinen, muß Papier mit blauem Aufdruck gewählt werden. Für Sonderzwecke gibt es Papiere mit geeigneten Teilungen.

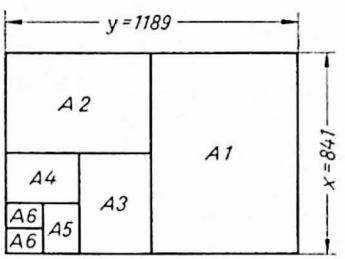
3.2 Blattgrößen

Die Blattgrößen sind nach DIN 823 genormt. Das **Ausgangsformat** ist ein Rechteck von 1 m² Flächeninhalt (**17.1**), dessen Seiten sich wie $1 : \sqrt{2}$ verhalten. Dadurch werden alle Blattgrößen untereinander ähnlich (**17.2**).

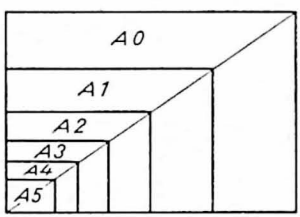
Aus den Gleichungen $x \cdot y = 1000000\ \text{mm}^2$ und $x : y = 1 : \sqrt{2}$

ergeben sich die Seitenlängen des Ausgangsformates A 0 zu $x = 841$ mm und $y = 1189$ mm. Durch fortgesetztes Halbieren dieses Bogens entsteht die Formatreihe A. Sie ergibt die Fertigformate für Zeichnungen (beschnittene Lichtpausen, Schneidlinien auf der Stammzeichnung), für Formulare, Geschäftsbriefe usw. (Taf. **18.1**).

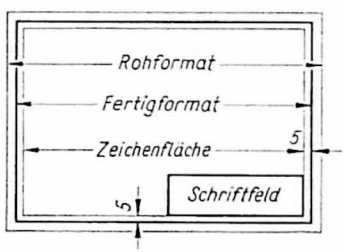
Alle Blätter können sowohl in der Hoch- als auch in der Breitlage verwendet werden. Schriftfeld und Stückliste stehen in 5 mm Abstand von den Kanten des Bogens (**17.3**). Welche Ecke gewählt wird, ist auf S. 58 beschrieben. Format und Blattlage sind beim Aufzeichnen aller Teile, die zu einem Ganzen gehören, nach Möglichkeit beizubehalten.



17.1 Aufgeteiltes Ausgangsformat DIN A 0

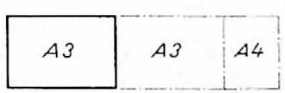


17.2 Ähnlichkeit der Blattgrößen besteht bei Deckung der Diagonalen



17.3 Zeichenbogen mit Schriftfeld

Bei kleineren Formaten, besonders bei DIN A 4, wird die Hochlage bevorzugt, weil die im Hefter aufbewahrten Zeichnungen dadurch bequem eingesehen werden können. Ein Heftrand ist zulässig, um den sich die Nutzfläche des fertigen Blattes verkleinert. Ausnahmsweise schmale Formate können als Längsstreifen durch Halbieren, Vierteln und Achteln der Hauptformate oder durch Aneinanderreihen gleicher und benachbarter Blattgrößen gebildet werden (**17.4**).



17.4 Schmales Format

Für abhängige Papiergrößen, wie Briefumschläge, Aktendeckel, Mappen u. a., bestehen die Zusatzreihen B und C (DIN 476). Die Abmessungen der Zusatzreihe B sind geometrische Mittelwerte aus den Seitenlängen zweier benachbarter Blattgrößen der Reihe A. Die geometrischen Mittelwerte aus den Seitenlängen der Reihen A und B ergeben die Seitenlängen der Reihe C.

Tafel 18.1: Übersicht über die Blattgrößen (Maße in mm)

Reihe A						Zusatzreihe B (Auszug)		Zusatzreihe C (Auszug)	
Kurzzeichen	Seitenlänge Fertigformat	Seitenlänge Rohformat (Kleinstmaß)	günstigste Rollenbreite			Kurzzeichen	Seitenlängen	Kurzzeichen	Seitenlängen
A 0	841 × 1189	880 × 1230		900		B 0	1000 × 1414	C 0	917 × 1297
A 1	594 × 841	625 × 880		900	660	B 1	707 × 1000	C 1	648 × 917
A 2	420 × 594	450 × 625	(2 × 450)	900	660	B 2	500 × 707	C 2	458 × 648
A 3	297 × 420	330 × 450	(2 × 330) od. (2 × 450)	660	900	B 3	353 × 500	C 3	324 × 458
A 4	210 × 297	240 × 330	250	660		B 4	250 × 353	C 4	229 × 324
A 5	148 × 210	165 × 240		660		B 5	176 × 250	C 5	162 × 229
A 6	105 × 148	120 × 165		660		B 6	125 × 176	C 6	114 × 162

3.3 Beschriftung

3.31 Schräge Normschrift (DIN 16)

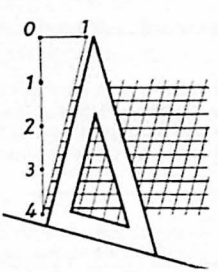
Sie hat gleichmäßige Strichdicke, eine zum Schreiben bequeme Schräglage unter 75° zur Zeile, sieht gut aus und dient zum Beschriften der Zeichnungen (19.1).

Auf tadellose Ausführung, passende Abstufung verschiedener Schriftgrößen auf dem gleichen Bogen und gute Anordnung der Schrift ist großer Wert zu legen, weil die Zeichnung dadurch sehr gewinnt.

Tafel 18.2: Abmessungen der schrägen Normschrift in mm

Nenngröße h	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
Strichdicke: $^1/_7\ h$	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,3	2,9	3,6
zugehörige Federgröße	Schreibfeder			$^1/_2$	$^3/_4$	1	1	$1^1/_2$	$1^1/_2$	2	$2^1/_2$	3
Höhe der Kleinbuchstaben: $^5/_7\ h$	1,4	1,8	2,1	2,9	3,6	4,3	5,7	7,1	8,6	11,4	14,3	17,9
mittlerer Zeilenabstand: $^{11}/_7\ h$	3,1	3,9	4,7	6,3	7,9	9,4	12,6	15,7	18,9	25,1	31,4	39,3

Der gegenseitige Abstand der Buchstaben beträgt $^1/_7$ bis $^2/_7\ h$. Wörter sind meist durch Abstände von $^4/_7\ h$ getrennt. Größere Schrift wird mit Plattenfedern (13.3), kleinere mit Schreibfedern oder anderen geschrieben.



18.3 Entstehung eines Winkels von etwa 75°

Stimmen die Federgrößen nicht mit den errechneten Strichdicken überein, dann wird die benachbarte, gewöhnlich kleinere Feder der Serie gewählt. Für größere, mit dem Bleistift auszuführende Schriften kann von der vorgeschriebenen Strichdicke nach unten abgewichen werden.

Der 75°-Winkel entsteht durch Aneinanderlegen der beiden Zeichendreiecke (4.3). Er kann aber auch ausreichend genau durch die Hypothenuse eines rechtwinkligen Dreiecks gebildet werden, dessen senkrechte Kathete viermal so lang ist wie die waagerechte (18.3).

Römische Ziffern können auch ohne Querstriche geschrieben werden.

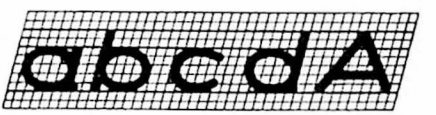
19.1 Schräge Normschrift DIN 16 (Mittelschrift)

Für jede Schriftgröße befindet sich auf der Rückseite des Normblattes DIN 16 ein Liniennetz (**19.2**). Es wird unter das lichtdurchlässige Zeichenpapier geschoben und erspart das Aufzeichnen einer Lineatur.

Mit dem gleichen Liniennetz können auch Engschrift (**19.3**) und Breitschrift (**19.4**) geschrieben werden. Der Platzbedarf für die Schrift ist notfalls vor Beginn der Arbeit an Hand des Liniennetzes festzustellen.

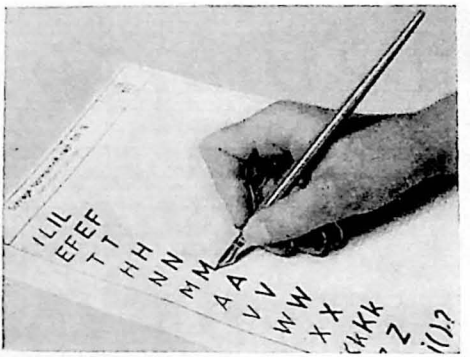
19.2 Liniennetz

19.3 Engschrift



19.4 Breitschrift

Die Tusche wird unter der Überfeder oder über der Unterfeder eingefüllt. Sie erlauben etwas größere Füllung und geben die Tusche fast gleichmäßig wieder ab. Die Feder muß mit der ganzen Plattenfläche



aufliegen, sonst entstehen ausgefranste Striche. Federn mit gesprelzten Zungen sind unbrauchbar. Bisweilen wird kleinere Schrift auch mit der Reißfeder geschrieben, wodurch aber die Spitzen leiden.

Erstrebenswert ist freihändiges Schreiben der Normschrift (20.1). Doch fällt eine von verschiedenen Personen freihändig geschriebene Schrift verschieden aus. Diesen Nachteil vermeidet Schablonenschrift (13.5). Sie erfordert zwar mehr Zeit, wird aber völlig gleichmäßig. Arbeiten also mehrere Personen an dem gleichen Schriftwerk, dann ist Schablonenschrift anzuraten.

20.1 Freihändige Übung

3.32 Senkrechte Normschrift (DIN 17)

Römische Ziffern auch ohne Querstriche. Bei kleinen Schrifthöhen kann a = ɑ geschrieben werden.

20.2 Senkrechte Normschrift DIN 17 (Mittelschrift)

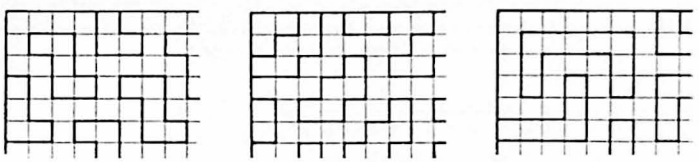
Senkrechte Normschrift (20.2) dient zum Beschriften von Schildern, Karteikarten, Skalen, Organisationsschemen, Maschinen, Geräten, Lehren, Modellen u. a. und hat die gleichen Abmessungen wie die schräge Normschrift.

Jede Schriftgröße ist nur bis auf eine gewisse Entfernung lesbar. Angaben über Sichtweiten und Näheres zu den Normschriften enthält DIN 1451.

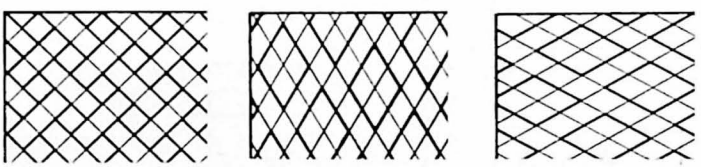
Es sind ferner genormt: Russische Schrift auf DIN 1451 Bbl. 1, bulgarische Schrift auf DIN 1451 Bbl. 2, griechische Schrift auf DIN 1453 und Handschrift auf DIN 1455.

Übung

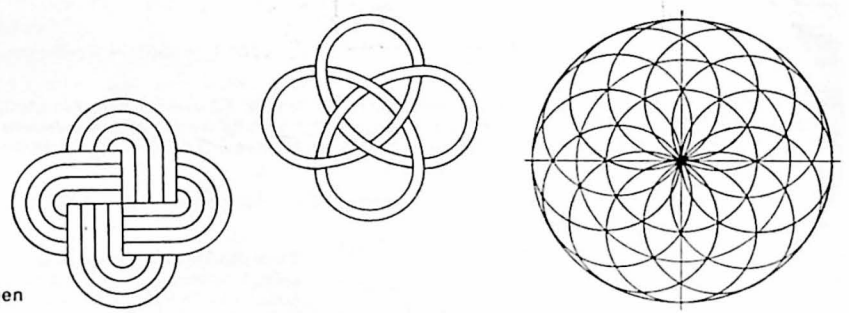
Zeichne die Muster und Figuren 21.1 bis 4 in Blei auf genormte Blattgrößen und ziehe sie in Tusche sorgfältig aus.



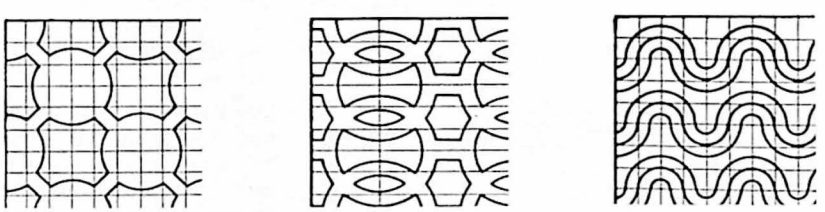
21.1 Übungen im Gebrauch der Reißschiene und des 90°-Zeichendreiecks



21.2 Übungen im Gebrauch der Reißschiene und der beiden Zeichendreiecke



21.3 Zirkelübungen



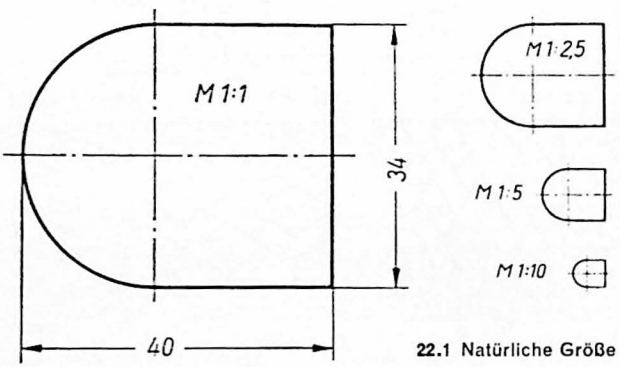
21.4 Kreisanschlüsse

4 Darstellung und Bemaßung einfacher Werkstücke

4.1 Zeichnungsmaßstäbe (DIN 823)

Natürliche Größe. Sind die Abmessungen eines Werkstücks in der Zeichnung ebenso groß wie in Wirklichkeit, dann ist der Zeichnungsmaßstab 1 : 1.

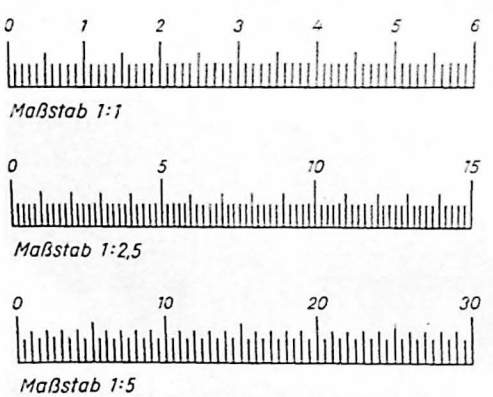
Verkleinerungen. Größere Werkstücke werden verkleinert dargestellt (22.1), und zwar in den Maßstäben 1 : 2,5 1 : 5 1 : 10 1 : 20 1 : 50 1 : 100 1 : 200 1 : 500 1 : 1000.



22.1 Natürliche Größe und Verkleinerungen

Beim Maßstab 1:2,5 bedeutet ein Millimeter in der Zeichnung 2,5 mm am Werkstück. Zum Aufzeichnen in diesem Maßstab wird jede Abmessung am Werkstück durch 2,5 geteilt oder der zehnte Teil mit 4 malgenommen, also statt 350 : 2,5 einfacher 35 · 4 = 140. Beim Maßstab 1 : 5 wird die wirkliche Länge entweder durch 5 geteilt oder der zehnte Teil mit 2 malgenommen.

Vergrößerungen. Kleine Werkstücke werden vergrößert gezeichnet. Für Vergrößerungen gelten die Maßstäbe 2 : 1 5 : 1 und 10 : 1.



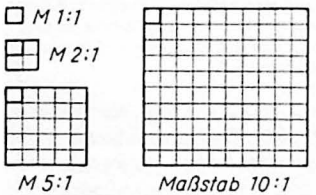
22.2 Maßstäbliche Teilungen

Beim Maßstab 2 : 1 ist jede Kante in doppelter, beim Maßstab 5 : 1 in fünffacher und beim Maßstab 10 : 1 in zehnfacher Länge zu zeichnen.

Stabmaße mit maßstäblichen Teilungen ersparen Umrechnungen, weil die Abmessungen einfach abgegriffen werden können (22.2).

Der Zeichnungsmaßstab ist so zu wählen, daß ein gefälliges Bild entsteht, in dem auch alle Feinheiten erkennbar sind. Die den einzelnen Darstellungen auf einem Zeichenbogen zugrunde liegenden Maßstäbe werden im Schriftfeld angegeben (s. S. 58). Dabei ist der Hauptmaßstab durch größere Schrift hervorzuheben; die anderen müssen neben jeder einzelnen Darstellung wiederholt werden (199.1, lfd. Nr. 4 und 8).

Bei vergrößert dargestellten Teilen kann eine unbemaßte Ansicht oder ein Umrißbild in natürlicher Größe mit Angabe des Maßstabes zum Vergleich neben die Vergrößerung gesetzt werden.



23.1 Natürliche Größe und Vergrößerungen

Die Maßzahlen beziehen sich stets auf die Abmessungen des fertigen Werkstücks und nicht etwa auf die in der Zeichnung verkleinerten oder vergrößerten Längen.

Zeichnungsmaßstäbe sind lineare Maßstäbe. Beim Maßstab 2 : 1 ist also jede Kante in doppelter Länge aufgezeichnet (**23.1**); die ursprüngliche Fläche ist aber 4 mal enthalten. Beim Maßstab 5 : 1 ist die Fläche 25 mal, beim Maßstab 10 : 1 ist sie 100 mal vergrößert. Die Maßstäbe für Verkleinerungen und Vergrößerungen beziehen sich mithin nur auf Längen und nicht etwa auf Flächen.

Winkel werden von den Zeichnungsmaßstäben nicht beeinflußt. So ist ein Winkel von z. B. 30° am Werkstück auch in verkleinerten oder vergrößerten Darstellungen 30° groß.

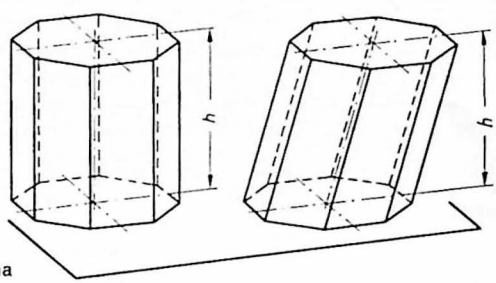
Übungen

1. Die beiden Seiten eines Rechtecks sind 380 und 490 mm lang. Wie groß sind sie im Maßstab 1 : 2,5? Wie oft ist die verkleinerte Fläche in der natürlichen Größe enthalten?
2. Eine Zeichnung im Maßstab 1 : 2,5 auf DIN A 3 wird fotografisch auf DIN A 5 verkleinert. Wie lang ist in dieser Verkleinerung eine Kante dargestellt, die am Werkstück 480 mm mißt?

4.2 Grundkörper

Prismen haben geradlinig begrenzte, deckungsgleiche Grund- und Deckflächen in parallelem Abstande. Es gibt gerade und schiefe Prismen (**23.2**).

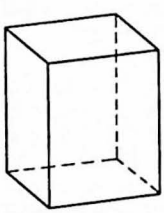
Beim geraden Prisma steht die Körperachse rechtwinklig zur Grundfläche, und alle Seitenflächen sind rechteckig. Das schiefe Prisma hat eine zur Grundfläche geneigte Körperachse. Als Höhe *h* gilt der kürzeste Abstand zwischen der Grund- und der Deckfläche.



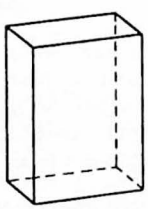
23.2 Gerades und schiefes Prisma

Die Anzahl der Seitenflächen ist gleich der Zahl der Kanten der Grund- oder Deckfläche. Wichtige gerade Prismen sind: Quadratsäule (**23.3**), Rechtecksäule (**23.4**), Trapezsäule (**23.5**), Dreiecksäule (**23.6**) und Sechsecksäule (**23.7**). Eine besondere Quadratsäule ist der Würfel (**23.8**). Er wird allseitig von Quadraten begrenzt.

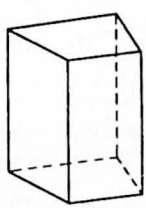
Die Seitenflächen zusammen ergeben den Mantel; Grundfläche, Deckfläche und Mantel bilden die Oberfläche des Prismas.



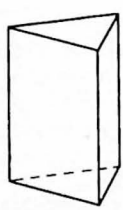
23.3 Quadratsäule



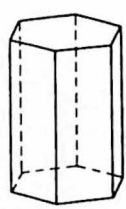
23.4 Rechtecksäule



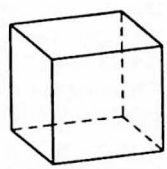
23.5 Trapezsäule



23.6 Dreiecksäule



23.7 Sechsecksäule

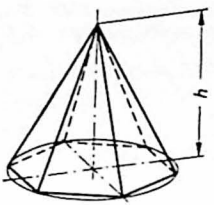


23.8 Würfel

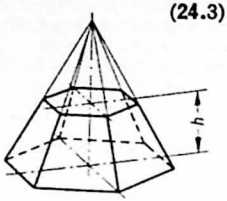
Pyramiden haben dreieckige Seitenflächen, die auf den Kanten der Grundfläche stehen und mit ihren oberen Ecken die Spitze der Pyramide bilden.

Regelmäßige Pyramiden (24.1) haben eine gleichseitige Grundfläche mit beliebig vielen, auf einem Kreise liegenden Ecken und eine Körperachse senkrecht zur Grundfläche. Demnach sind alle Seitenflächen deckungsgleiche, gleichschenklige Dreiecke. Eine Sonderform ist das von vier gleichseitigen Dreiecken begrenzte Tetraeder. Bei der schiefen Pyramide steht die Körperachse geneigt.

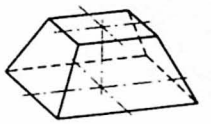
Durch Abschneiden der Spitze entsteht ein Pyramidenstumpf (24.2). Liegt der Schnitt parallel zur Grundfläche, so sind Deckfläche und Grundfläche ähnlich. Der kürzeste Abstand beider ist die Höhe. Von Bedeutung sind Pyramidenstümpfe, deren Grund- und Deckflächen quadratisch (24.3) oder rechteckig (24.4) sind.



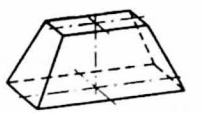
24.1 Regelmäßige Pyramide



24.2 Pyramidenstumpf



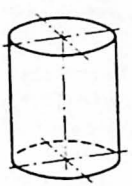
24.3 Pyramidenstumpf mit quadratischer Grundfläche



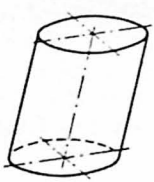
24.4 Pyramidenstumpf mit rechteckiger Grundfläche

Zylinder und Kegel haben gewölbte Mantelflächen. Grund- und Deckfläche eines Zylinders sind ebene, von gekrümmten Linien begrenzte, deckungsgleiche Flächen in parallelem Abstande. Sind sie kreisförmig, dann heißt der Körper Kreiszylinder. Beim geraden Kreiszylinder (24.5), einfach Zylinder oder Rundsäule genannt, steht die Körperachse rechtwinklig zur Grundfläche im Gegensatz zum schiefen Kreiszylinder (24.6). Gerade und schiefe elliptische Zylinder haben Ellipsen als Grund- und Deckflächen.

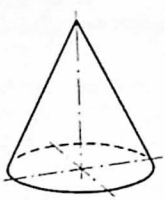
Aus einem geraden Kreiszylinder entsteht durch zwei parallele Schnitte schräg zur Achse ein schiefer elliptischer Zylinder. Umgekehrt ist ein schiefer Kreiszylinder Bestandteil eines geraden, elliptischen Zylinders.



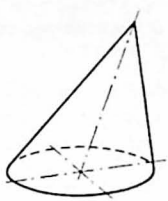
24.5 Gerader Kreiszylinder



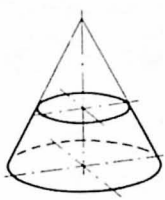
24.6 Schiefer Kreiszylinder



24.7 Gerader Kreiskegel



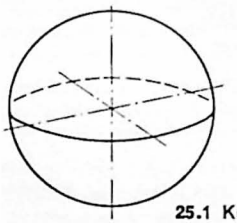
24.8 Schiefer Kreiskegel



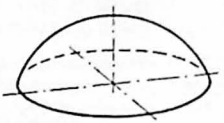
24.9 Kegelstumpf

Der Kegel läuft in einer Spitze aus. Liegt sie senkrecht über dem Mittelpunkt einer kreisförmigen Grundfläche, dann steht die Körperachse senkrecht, und der Körper heißt gerader Kreiskegel (24.7) oder häufig nur Kegel. Der schiefe Kreiskegel (24.8) hat eine geneigte Körperachse. Durch Abschneiden der Spitze eines Kreiskegels parallel zur Grundfläche entsteht ein Kegelstumpf (24.9). Seine Deckfläche ist ebenfalls ein Kreis.

Die **Kugel** hat eine gleichförmig gewölbte Oberfläche (25.1) mit überall gleich weitem Abstand vom Kugelmittelpunkt. Der durch einen ebenen Schnitt abgetrennte Teil heißt Kugelabschnitt (25.2). Seine Grundfläche ist stets ein Kreis.

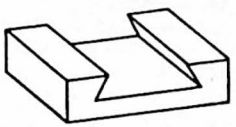


25.1 Kugel

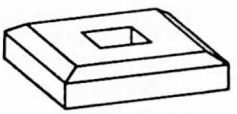


25.2 Kugelabschnitt

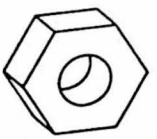
Die Gestalt der Werkstücke geht auf die Formen der Grundkörper zurück. So sind beispielsweise ein Stück Flachstahl eine Rechtecksäule und ein Stück Rundstahl eine Rundsäule. Die Grundkörperformen treten an den Werkstücken auch als Ausschnitte und Hohlräume auf. Die Schwalbenschwanzführung (25.3) z. B. ist eine Rechtecksäule, aus der eine Trapezsäule ausgespart ist.



25.3 Schwalbenschwanzführung



25.4 Ankerplatte



25.5 Rohling für Mutter

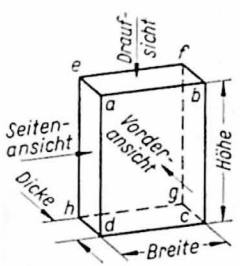
25.6 Stopfen

Übung

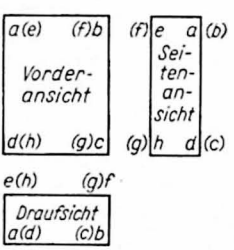
Bestimme die Grundkörperformen der Werkstücke 25.4 bis 6.

4.3 Rechtkantige Werkstücke

Ein Werkstück wird gewöhnlich in drei Ansichten dargestellt. Hierzu wird es von vorn, von oben und von der linken Seite betrachtet (25.7a). Der Blick von vorn gegen eine Rechtecksäule zeigt die vordere Rechteckfläche. Das sich hieraus ergebende Zeichnungsbild heißt **Vorderansicht.** Der Blick von oben gegen die Deckfläche ergibt die **Draufsicht.** Die von links betrachtete Ansicht wird **Seitenansicht** genannt. Diese drei Ansichten werden nach einer festen Regel angeordnet (DIN 6):



a) Schaubild



b) Anordnung der 3 Ansichten

25.7 Rechtecksäule

Die Draufsicht wird senkrecht unter die Vorderansicht und die linke Seitenansicht waagerecht rechts neben die Vorderansicht gesetzt (25.7b). Die Abstände zwischen den Ansichten sollen weder zu groß noch zu klein und möglichst gleichmäßig sein.

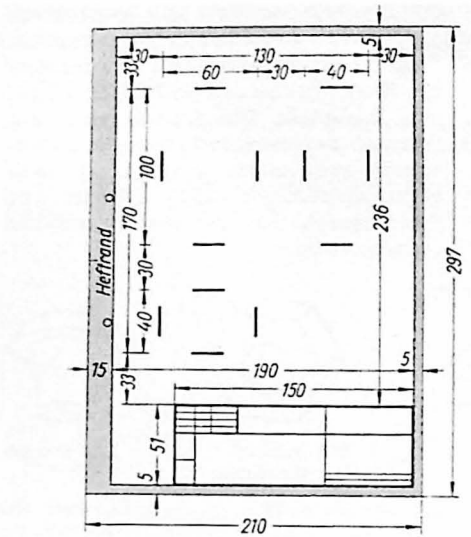
Durch Aufzeichnen von Flächen wird die Gestalt eines Werkstücks festgelegt. Die Vorderansicht zeigt die Körperfläche *abcd*, die Draufsicht die Körperfläche *aefb* und die Seitenansicht die Körperfläche *adhe*. Die übrigen drei Flächen des Werkstückes sind verdeckt.

Die Zeichnung erhält ein Schriftfeld von 150 mm Länge und 51 mm Höhe zur Aufnahme schriftlicher Vermerke (s. S. 58).

Der Zeichenraum wird zweckmäßig aufgeteilt. Für die Darstellung eines Flachstahles, 60 mm breit, 40 mm dick und 100 mm hoch, wird ein Bogen DIN A 4 in der Hochlage gewählt.

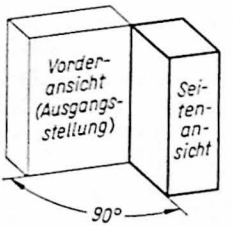
Unter Berücksichtigung eines Heftrandes von 15 mm Breite und eines Randes von 5 mm an den übrigen Seiten ist über dem Schriftfeld ein Zeichenraum von 236 mm Höhe und 190 mm Breite verfügbar (26.1).

In der Breite des Bogens sind unterzubringen: Breite der Vorderansicht = 60 mm, Breite der Seitenansicht = 40 mm und ein angenommener Abstand zwischen beiden = 30 mm, zusammen 130 mm. Für die Überstände rechts und links verbleiben mithin je (190 – 130) : 2 = 30 mm. Die Höhe setzt sich zusammen

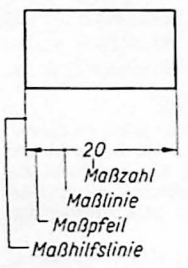


26.1 Auftellung der Zeichenfläche auf DIN A 4

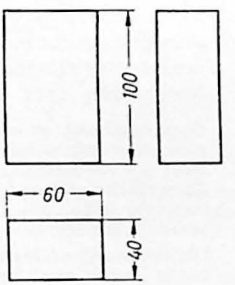
26.2 Klppen des Körpers nach vorn



26.3 Drehen des Körpers nach rechts



26.4 Bemaßungs-elemente



26.5 Bemaßung der Rechtecksäule

aus 100 + 40 + 30 mm = 170 mm. Somit betragen die Überstände über der Vorderansicht und unter der Draufsicht je (236 − 170) : 2 = 33 mm.

Zeichnungen komplizierter Werkstücke mit einseitig Platz beanspruchenden Maßanhäufungen außerhalb einer Ansicht werden auf dem Zeichenbogen entsprechend verschoben.

Das Werkstück wird zunächst in dünnen Linien gezeichnet. Ist nichts auszusetzen, wird nachgezogen. Dann wird bemaßt, das Schriftfeld angebracht und in schräger Normschrift ausgefüllt (s. S. 18).

Sichtbare Körperkanten werden mit **dikken Vollinien** dargestellt. Die Dicken sind abhängig von der Größe der jeweiligen Darstellung und von 0,3 bis 1,2 mm abgestuft (s. S. 57). Innerhalb der Darstellung eines Werkstückes dürfen die Dicken einer Linienart nicht verschieden sein.

Die Zeichnung muß jeden Irrtum ausschließen. Der Facharbeiter soll sich ein Bild von der Form des Werkstücks machen. Die Darstellung muß daher vollständig, richtig und klar sein, damit nur die gewünschte Gestalt herausgelesen wird.

Draufsicht und Seitenansicht können auch durch Umklappen des Werkstücks entstehen. Die Sehrichtung bleibt dabei gleich. Für die Draufsicht muß es um 90° nach vorn umgelegt (**26.2**) und für die Seitenansicht um 90° aus der Ausgangsstellung nach rechts gedreht werden (**26.3**).

Die Abmessungen eines Werkstücks gehen aus der Bemaßung hervor (**26.4**). Dazu gehören Maßlinien, Maßhilfslinien, Maßpfeile und Maßzahlen ohne oder mit Zeichen und Zusätzen (DIN 406). Die Maßzahlen gelten für den Endzustand des dargestellten Teils. Normmaße s. S. 78.

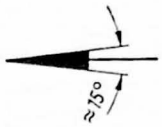
Eine Rechtecksäule hat drei Abmessungen: Breite, Dicke und Höhe. Jede Abmessung wird in der Zeichnung nur einmal bemaßt (**26.5**), es darf aber auch kein Maß fehlen.

Maßlinien und Maßhilfslinien sind dünne Vollinien und unterscheiden sich wesentlich von der Strichdicke für Körperkanten (s. S. 57).

Der Abstand der Maßlinien hängt von der Größe der Darstellung ab. Zwischen Maßlinie und Körperkante soll er mindestens 8 mm betragen, zwischen Maßlinie und Maßlinie mindestens 5 mm und möglichst gleichmäßig sein. Auf großen Zeichnungen ist er also größer zu wählen. Zur Aufnahme der Maßzahl wird die Maßlinie möglichst in der Mitte nicht breiter als nötig unterbrochen.

Maßhilfslinien werden ohne Zwischenraum gewöhnlich in der Mitte der Strichdicke der zu bemaßenden Kanten angesetzt und dürfen weder von einer Ansicht in eine andere durchgezogen noch aus verschiedenen Ansichten für dieselbe Maßlinie herausgezogen werden. Sie ragen 1 bis 2 mm über die Maßpfeile hinaus.

Maßpfeile werden voll geschwärzt und schließen einen Winkel von $\approx 15°$ ein (27.1). Die Länge der Pfeile ist innerhalb einer Darstellung gleich und beträgt ungefähr das Fünffache der Dicke der Vollinien für Körperkanten.

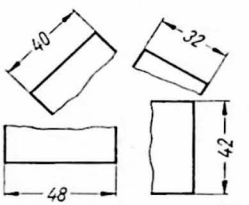


27.1 Maßpfeil (vergrößert)

Maßzahlen werden grundsätzlich in Millimetern ohne Angabe der Maßeinheit eingetragen. Teile eines Millimeters sind als Dezimalwert auszudrücken, z. B. 20,5.

Größere Abmessungen können in Zentimetern oder in Metern angegeben werden, doch muß dann hinter der Maßzahl die Maßeinheit stehen, z. B. 3,20 m. In Zoll angegebene Maße erhalten das Zollzeichen, und zwar erhöht hinter der Maßzahl. Teile eines Zolls werden als gewöhnlicher Bruch geschrieben, z. B. $2^1/_2''$. In englischen und in amerikanischen Zeichnungen (77.1) jedoch entfällt das Zollzeichen. Für Werkstücke und Meßgeräte gilt nach DIN 4890 Bl. 1 für den engl. und den amerik. Zoll: $1'' \approx 25{,}4$ mm. In DIN 4890 Bl. 2 bis 4 und 4892 Bl. 1 bis 3 sind Zoll in Millimeter und in DIN 4893 Millimeter in Zoll umgerechnet.

Die Höhe der Maßzahlen ist innerhalb einer Zeichnung einheitlich, etwa gleich der Länge der Maßpfeile, mindestens aber 3 mm. Die Maßzahlen stehen je zur Hälfte über und unter der Maßlinie. Sie werden so eingeschrieben, daß sie in Richtung ihrer Maßlinie zu lesen sind. Zudem müssen die Füße der Zahlen bei waagerechten und schrägen Maßlinien, bezogen auf die Hauptlage des Zeichenbogens, nach unten und bei senkrechten Maßlinien nach rechts zeigen (27.2). Als Hauptlage gilt diejenige Lage des Bogens, die den Gegenstand in der Gebrauchs- oder in der Fertigungslage zeigt. Sie steht nicht immer mit der Anordnung des Schriftfeldes im Einklang (s. S. 58).



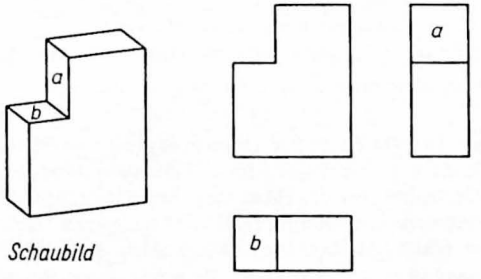
27.2 Stellung der Maßzahlen

Gewisse Zahlen, wie 66 oder 99 und ähnliche, erhalten bei ungünstiger Stellung einen Fußpunkt, weil sie sonst verkehrt herum, also falsch gelesen werden können.

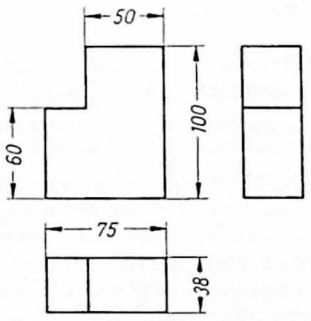
Ausschnitte an Körpern erzeugen neue Flächen. Durch einen Ausschnitt aus der Rechtecksäule entstehen die Flächen *a* und *b* (27.3). Das linke Rechteck in der Draufsicht stellt die Fläche *b* und das obere in der Seitenansicht die Fläche *a* dar.

Die Draufsicht hat nunmehr zwei Flächen. Sie liegen am Werkstück jedoch in verschiedenen Ebenen, wie die Vorderansicht zeigt. Ebenso verhält es sich mit den beiden Rechteckflächen der Seitenansicht.

Der Ausschnitt ist eine Rechtecksäule und hat demgemäß drei Abmessungen. Es sind aber nur zwei Maße erforderlich, da die Dicke des Ausschnitts gleich der Dicke des Werkstücks ist. Meist werden aber nicht die Maße für den Ausschnitt, sondern des bequemeren Messens wegen die Absatzmaße eingeschrieben (27.4). Fertigungsgang und Verwendungszweck eines Werkstücks können auch eine andere Bemaßung erfordern.



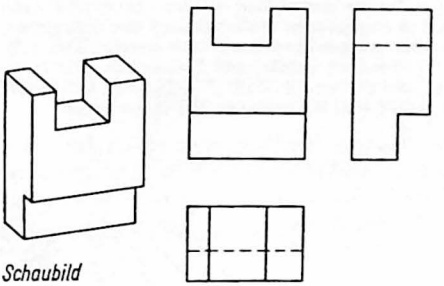
27.3 Ausschnitt aus der Rechtecksäule



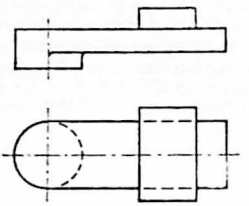
27.4 Bemaßung des Werkstücks

Verdeckte Körperkanten werden durch **Strichlinien** gekennzeichnet (DIN 15). Die Nut im oberen Teil des Werkstücks (**28.1**) ist in der Seitenansicht verdeckt. Ebenso verdeckt liegt in der Draufsicht der Ausschnitt im unteren Teil des Werkstücks. Fallen in einer Zeichnung Strichlinien mit Vollinien zusammen, dann haben die Vollinien den Vorrang.

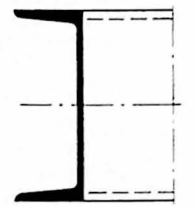
Strichlinien sind etwa halb so dick wie die Vollinien für Körperkanten (s. S. 57). Die Länge der Striche untereinander ist gleich, von der Länge der Strichlinien abhängig und liegt etwa zwischen zwei und zehn Millimetern. Innerhalb einer Darstellung sind aber möglichst einheitliche Strichlinien zu ziehen. Zu kurze Striche erfordern unnötigen Zeitaufwand und wirken unruhig. Die Lücken sind regelmäßig und sehr klein zu halten. Strichlinien beginnen und enden mit Strichen (**28.1**), in Verlängerung von Vollinien (**28.2**) und beim Austritt aus geschwärzten Flächen (**28.3**) jedoch sind Lücken vorteilhafter.



28.1 Andeuten verdeckter Kanten durch Strichlinien

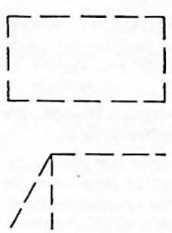


28.2 Strichlinien in Verlängerung von Körperkanten

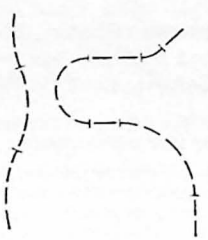


28.3 Austritt der Strichlinien aus geschwärzten Flächen

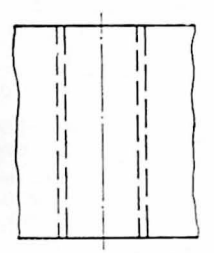
Aneinanderstoßende Strichlinien bilden stets volle Ecken (**28.4**). In Strichlinien, die sich aus mehreren Bogen oder aus Bogen und Geraden zusammensetzen, sollen Übergangs- bzw. Tangentenpunkte nicht innerhalb einer Lücke, sondern am Anfang oder am Ende eines Striches liegen (**28.5**). Dichtbenachbarte Strichlinien erhalten gegenseitig versetzte Striche (**28.6**).



28.4 Volle Ecken



28.5 Bogenanschlüsse

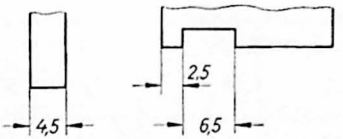


28.6 Versetzte Striche

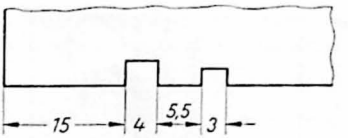
Strichlinien werden nur ausnahmsweise gezeichnet, und zwar nur die, die für die eindeutige Darstellung des Werkstücks und Klarheit der Zeichnung unentbehrlich sind (s. S. 70).

Anfängern ist aber zu empfehlen, zur Schulung der räumlichen Vorstellungskraft alle verdeckten Kanten in einfachen Darstellungen mitzuzeichnen.

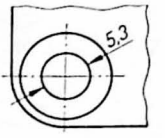
Maßlinien werden von außen angesetzt, sofern der Platz zur Unterbringung der Pfeile und der Maßzahl nicht ausreicht (**29.1**). Hat die Zahl aber nicht genügend Platz zwischen den Pfeilspitzen, dann wird sie möglichst über eine Maßlinie gesetzt (Maß 2,5), oder die Maßlinie wird ohne Lücke gezogen und die Maßzahl darübergeschrieben (**29.2**). Ist auch das nicht möglich, wird sie in nächste Nähe geschrieben (**29.3**). Maßzahlen stehen auch dann über den Maßlinien, wenn diese aus Zeitmangel oder anderen Gründen ohne Lücke gezogen worden sind.



29.1
Von außen angesetzte Maßlinien



29.2
Durchgezogene Maßlinie für Maß 5,5

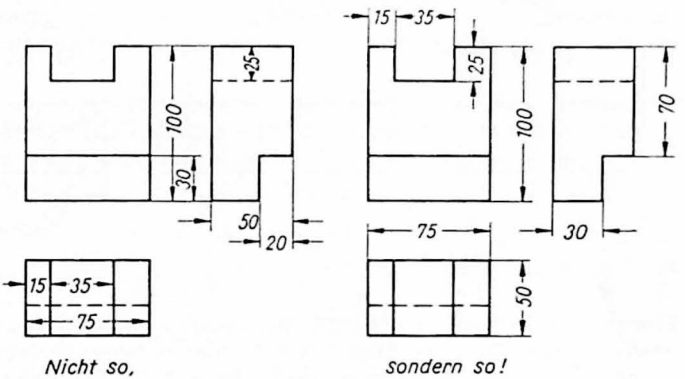


29.3 Herausgezogene Maßzahl

Maße müssen übersichtlich angeordnet sein. Ohne langes Suchen und Rechnen soll der Facharbeiter alle für die Herstellung, die Prüfung, den Zusammenbau und die Funktion der Teile nötigen Maße aus der Zeichnung entnehmen können. Alle Maße müssen am Werkstück meßbar sein und dort stehen, wo die Gestalt des Teils am deutlichsten zum Ausdruck kommt. Der guten Übersicht wegen werden die Maße gern aus der Darstellung herausgezogen (**29.4**).

Linienkreuzungen stören. Maßlinien und Maßhilfslinien sollen sich gegenseitig und andere Linien nicht schneiden (**29.4**). In Verlängerung von Körperkanten werden Maßlinien nicht gezogen. Benachbarte Maßlinien haben voneinander gleichmäßige Abstände von nicht weniger als 5 mm und gegenseitig versetzte Maßzahlen.

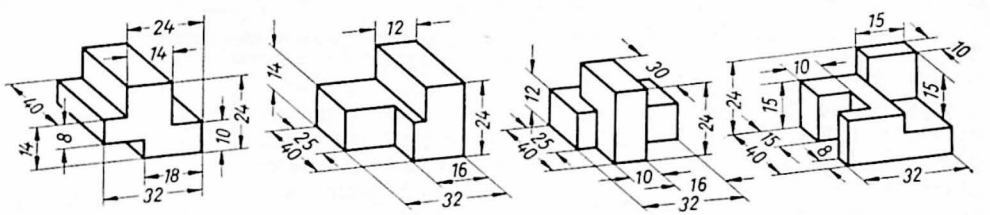
Maß- und Maßhilfslinien werden an gestrichelte Linien nur gesetzt, wenn eine anderweitige Anordnung ungünstiger oder nicht möglich ist.



29.4 Schlechte und gute Bemaßung

Übung

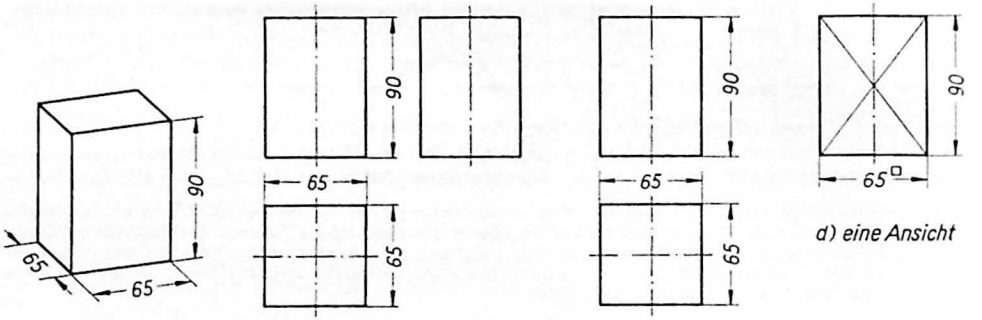
Zeichne die rechtkantigen Werkstücke **29.5** in drei Ansichten und trage die Maße ein.



29.5 Kloben aus GG-14

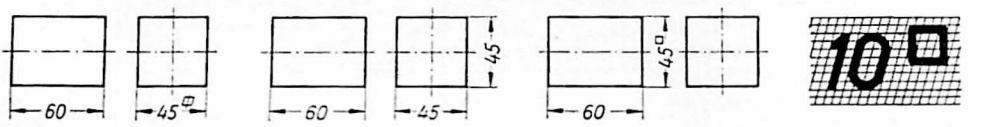
Werkstücke quadratischen Querschnitts (**30.1**) haben Seitenflächen, die deckungsgleiche Rechtecke sind. Vorderansicht und Seitenansicht des Körpers haben demzufolge gleiches Aussehen (**30.1** b), die Seitenansicht kann daher fortfallen (**30.1** c). Unter Umständen kann aber auch die Draufsicht weggelassen werden, wenn die Zeichnung die Gestalt des Werkstücks eindeutig erkennen läßt (**30.1** d). Dann aber sind das Quadratzeichen und ein Diagonalkreuz erforderlich (DIN 406). Die Darstellung solcher Werkstücke in nur einer Ansicht soll aber möglichst vermieden werden.

Quadratische Flächen tragen das gleiche Maß an zwei aneinanderstoßenden Seiten (**30.2**). Muß aber in der Ansicht bemaßt werden, in der die quadratische Fläche als Linie erscheint, dann ist das Quadratzeichen zu setzen. Es ist ein erhöht hinter der Maßzahl stehendes Quadrat, dessen Seitenlänge etwa $^5/_7$ der Maßzahlhöhe beträgt (**30.3**).



a) Schaubild b) drei Ansichten c) zwei Ansichten d) eine Ansicht

30.1 Quadratische Säule



Nicht so, sondern so, oder so!

30.2 Bemaßung quadratischer Flächen

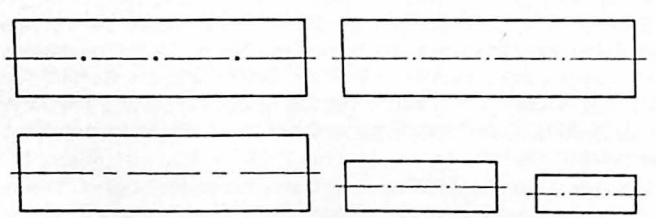
30.3 Maßzahl mit Quadratzeichen

Ebene, vierseitige Mantelflächen müssen durch Diagonalkreuze gekennzeichnet werden, sofern das zugehörige Profil in einer anderen Ansicht nicht dargestellt ist (**30.1** d). Diagonalkreuze sind so dünn wie Maßlinien (s. S. 57). Sie sind auch zulässig, wenn die Zeichnung aus mehr als einer Ansicht besteht.

Symmetrische Ansichten erhalten **strichpunktierte Mittellinien.** Eine Fläche ist symmetrisch, wenn sie durch eine Linie in spiegelbildgleiche Hälften zerlegt werden kann. Mittellinien, auch Symmetrieachsen genannt, sind in regelmäßigen Grund- und Deckflächen und als Achsen der Grundkörper zu ziehen.

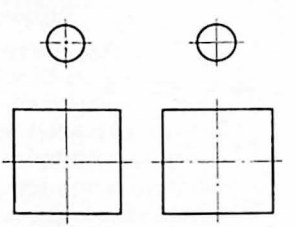
Nur bei einfachen Körpern, deren Symmetrie nicht betont zu werden braucht, können Mittellinien fortfallen. Sie werden auch nicht quer zur Längsachse der Körper gezogen und sind deshalb in Bild 26.5 und in ähnlichen nicht notwendig.

Mittellinien sind so dünn wie Maßlinien und beim Aufzeichnen zuerst zu ziehen, weil von hier aus die Abmessungen nach beiden Seiten abzutragen sind. Sie ragen etwas über die Darstellung hinaus, werden aber nicht von einer Ansicht in eine andere durchgezogen. Die Länge der Striche ist gleich und von der Länge der Mittellinie abhängig (**30.4**). Die Punkte liegen in sehr kleinen Lücken und werden weder betont noch als Striche gezogen. Mittellinien sind nur in den Strichen zu kreuzen und bei kleinen Längen als Vollinien zu zeichnen (**30.5**).



Nicht so, sondern so!

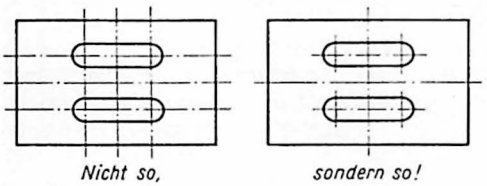
30.4 Falsche und richtige Mittellinien



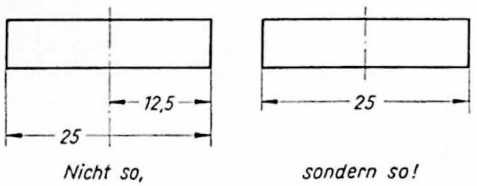
Nicht so, sondern so!

30.5 Mittellinienkreuzungen

Beziehen sich Mittellinien nur auf Teilformen eines Werkstücks, so werden die Längen darauf beschränkt (31.1). Ein Maß zur Bestimmung der Lage einer Hauptmittellinie ist überflüssig (31.2).



31.1 Beschränkung der Mittellinienlänge

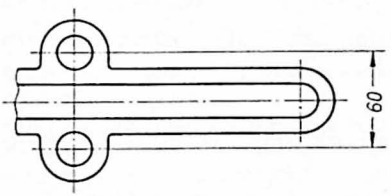


31.2 Die Symmetrie einer Ansicht braucht maßlich nicht festgelegt zu werden

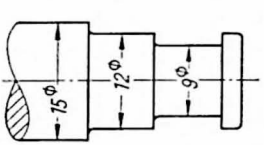
Mittellinien dürfen als Maßhilfslinien benutzt werden und sind bei Verlängerung als Vollinie zu ziehen (31.3).

Maßzahlen werden neben die Mittellinien gesetzt. Bei Platzmangel ist die Mittellinie zum Einschreiben der Maßzahl zu unterbrechen (31.4), aus gleichem Grunde auch eine Maßhilfslinie.

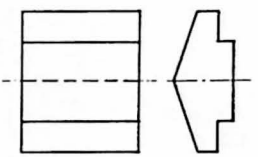
Strichlinien ist der Vorrang zu geben, wenn sie mit Mittellinien zusammenfallen (31.5).



31.3 Mittellinien als Maßhilfslinien

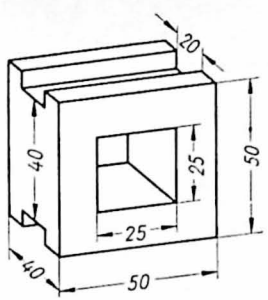


31.4 Maßzahlen dürfen nicht beeinträchtigt werden

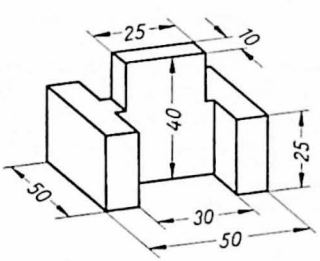


31.5 Mittellinie und Strichlinie decken sich

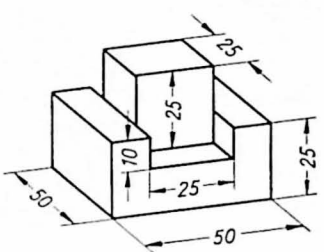
Übung: Zeichne die Werkstücke **31.6** bis **31.8** in drei Ansichten und trage die Maße ein.



31.6 Führung aus GG-18



31.7 Bock aus St 37

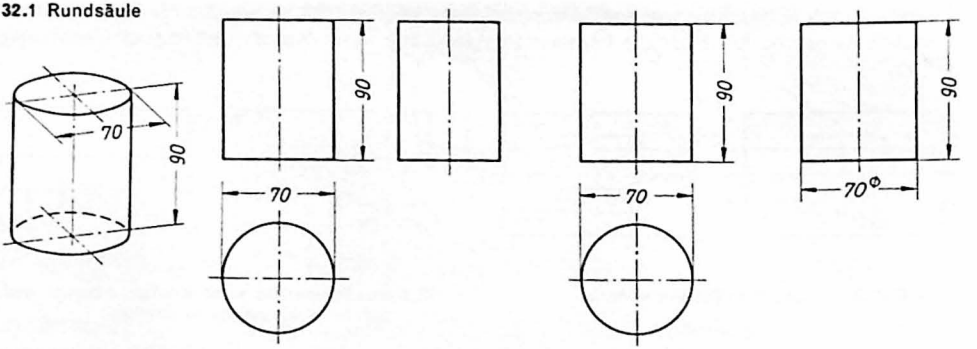


31.8 Sockel aus G-Ms 67

4.4 Zylindrische Werkstücke

Für eine stehende Rundsäule (32.1 a) sind Vorderansicht und Seitenansicht deckungsgleiche Rechtecke (32.1 b). Die Seitenansicht ist überflüssig (32.1 c), sofern die Vorderansicht beide Maße des Körpers, Durchmesser und Höhe, erhält und eine andere Gestalt als die des geraden Kreiszylinders nicht verstanden werden kann, auch die Draufsicht (32.1 d). Der Maßzahl für den Durchmesser ist dann ein **Durchmesserzeichen** beizufügen. Es besagt, daß der Körper kreisrund ist.

32.1 Rundsäule



a) Schaubild *b) drei Ansichten* *c) zwei Ansichten* *d) eine Ansicht*

Das Durchmesserzeichen besteht aus einem Kreise, dessen äußerer Durchmesser $^5/_7$ der Maßzahlhöhe beträgt, und einem in der Mitte unter 75° zur Zeile liegenden, geraden Strich (**32.**2). Durchmesserzeichen haben die gleiche Strichdicke wie Maßzahlen und stehen erhöht dahinter.

Steht das Durchmessermaß nicht mit zwei Pfeilen am Kreise, dann wird ein Durchmesserzeichen gesetzt.

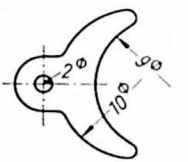
Das Durchmesserzeichen ist also erforderlich, wenn

die Maßlinie mit zwei Pfeilen in der Ansicht steht, in der der Kreis als Gerade erscheint (**32.**1 d),

nur einen Maßpfeil trägt (**32.**3 und **127.**11) oder

durch eine Bezugslinie ersetzt ist (**32.**3).

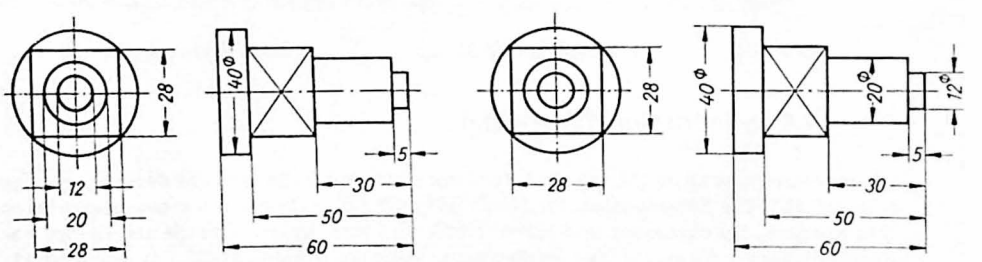
32.2 Maßzahl mit Durchmesserzeichen



32.3 Durchmesserzeichen sind hier erforderlich

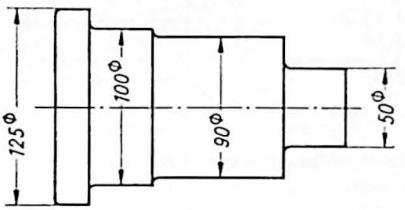
Längen und zugehörige Durchmesser werden möglichst in derselben Ansicht bemaßt (**32.**4). Maßlinien werden häufig an einer Bezugsebene angesetzt. Das ist die gemäß der Bearbeitungsfolge zuerst fertiggestellte Fläche am Werkstück, für Längen an Drehteilen gewöhnlich die plangedrehte Fläche am dünnen Ende. Auch für Guß-, Schmiede- und Preßteile ist diese Regel von Bedeutung.

Maßlinien können auch von Mittellinien ausgehen (**94.**1).

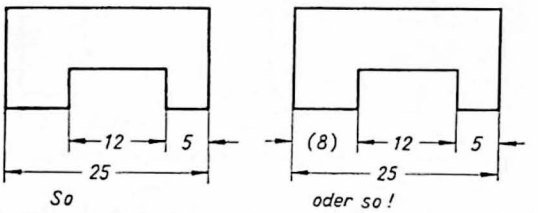


32.4 Anordnung der Maße

Hintereinanderliegende Maße erhalten wechselseitig versetzte Maßzahlen (33.1). Ziffern und Zusätze zu den Maßzahlen dürfen durch irgendwelche Linien nicht voneinander getrennt werden. Maßketten entstehen durch Aneinanderreihen mehrerer Maße und sind möglichst zu vermeiden. Es gibt aber Ausnahmen. Ist eine Maßkette unumgänglich, so wird zur Aufnahme der bei der Fertigung insgesamt entstehenden Maßabweichungen eine geeignete Abmessung nicht oder mit einer Maßzahl in Klammern bemaßt (33.2). Das Gesamtmaß steht unmittelbar unter oder hinter den Teilmaßen. Aneinandergereihte Maße werden gewöhnlich nicht abgesetzt, sondern in die gleiche Flucht gelegt, damit sie in einem Zuge gezogen werden können (Maß 12 und Maß 5).



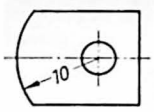
33.1 Gegeneinander versetzte Maßzahlen



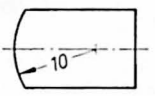
33.2 Teilmaße und Gesamtmaß

Rundungen werden mit **Halbmessermaßen** versehen.

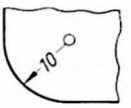
Jedes Halbmessermaß trägt nur einen Pfeil, und zwar am Kreisbogen. Als Kreuzung zweier Mittellinien ist der Zirkeleinsatzpunkt eindeutig gekennzeichnet (33.3). Liegt er auf nur einer Mittellinie, so wird er durch einen kurzen Querstrich angegeben (33.4). Ein freiliegender Mittelpunkt erhält in der Dicke der Maßlinien einen kleinen Einfassungskreis (33.5) oder einen Punkt. Der Maßpfeil wird bei Platzmangel von außen angesetzt (33.6 links). Bleibt hierbei eine Lücke nicht übrig, dann ist die Maßzahl über den Außenpfeil zu setzen (33.6 rechts).



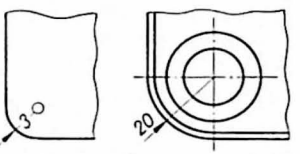
33.3
Der Zirkeleinsatzpunkt ist durch das Mittellinienkreuz angegeben



33.4
Kennzeichnung des Zirkeleinsatzpunktes durch einen kurzen Strich

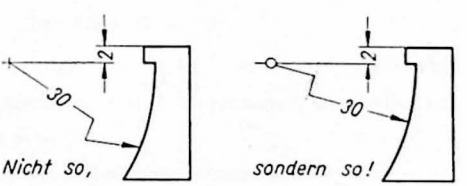


33.5
Einfassung des Zirkeleinsatzpunktes durch einen Nullenkreis



33.6
Von außen anzusetzende Halbmessermaße

Ein durch Maße festzulegender Zirkeleinsatzpunkt für einen großen Halbmesser wird an den Kreisbogen „herangezogen", wobei die auf den wirklichen Zirkeleinsatzpunkt gerichtete Maßlinie zu kürzen und zweimal rechtwinklig zu knicken ist (33.7). Die Maßzahl steht in der Nähe des Pfeils.



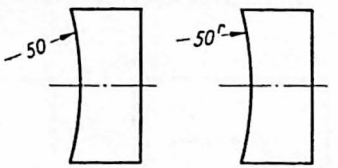
33.7 Gebrochenes Halbmessermaß

Reicht das Halbmessermaß nicht bis zum Zirkeleinsatzpunkt, so ist das **Halbmesserzeichen** *r* erforderlich.

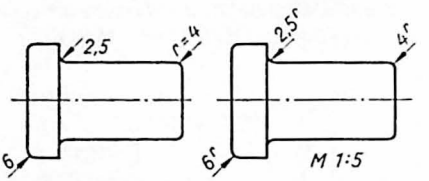
Es steht erhöht hinter der Maßzahl (34.1) und ist bei großen Halbmessermaßen einzutragen, wenn die Maßlinie aus Platzgründen gekürzt ist (34.2), und bei kleinsten Halbmessermaßen, wenn die Kennzeichnung des Zirkeleinsatzpunktes nicht möglich ist (34.3).

Hier genügt eine kurze, mit Pfeil von außen oder von innen gegen den Bogen gesetzte Maßlinie. Die Maßzahl steht dann in der gleichen Richtung, und zwar auf, vor oder hinter der Maßlinie.

34.1 Maßzahl mit Halbmesserzeichen



34.2 Maß mit Halbmesserzeichen



34.3 Bemaßen kleiner Halbmesser

Haben mehrere Rundungen an einem Werkstück den gleichen Halbmesser, dann brauchen sie einzeln nicht bemaßt zu werden, wenn neben die Darstellung der Vermerk geschrieben wird:

Für alle nicht bemaßten Rundungen beträgt $r = 4$.

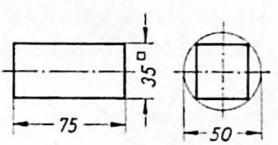
Die Rundungshalbmesser sind genormt.

Rundungshalbmesser in mm (Auszug aus DIN 250)

1	**1,2**	**1,6**	**2**	**2,5**	**3**	**4**	**5**	**6**	**8**	**10**	**12**	**16**	**18**	**20**	**22**

Die fettgedruckten Größen werden bevorzugt.

Wird ein Vierkant aus rundem Werkstoff hergestellt, so ist auch ein Maß für den Durchmesser erforderlich (34.4), wenn die Abmessungen des Ausgangswerkstoffs anderswo, z. B. im Schriftfeld, nicht angegeben sind.



Für quadratische Vierkante mit vollen Ecken ist der Durchmesser *d* des Werkstoffs mindestens so groß wie die Diagonale. Er errechnet sich aus der Quadratseite *a* zu

$$d = \sqrt{2} \cdot a \approx 1{,}414 \cdot a$$

34.4 Erforderliches Durchmessermaß

Beispiel

Der Mindestdurchmesser für einen Vierkant mit 35 mm Seitenlänge ist

$$d \approx 1{,}414 \cdot a \approx 1{,}414 \cdot 35 \text{ mm} \approx 49{,}49 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

Die Länge einer Vierkantseite *a* ergibt sich aus der Diagonalen *d* zu

$$a = 0{,}5 \cdot \sqrt{2} \cdot d \approx 0{,}707 \cdot d$$

Beispiel

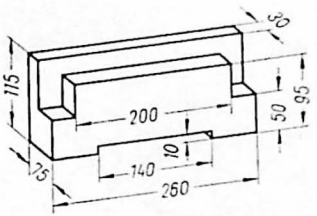
Die Seite eines Vierkantes mit 85 mm Eckenmaß ist

$$a \approx 0{,}707 \cdot d \approx 0{,}707 \cdot 85 \text{ mm} \approx 60{,}095 \text{ mm} \approx 60 \text{ mm}$$

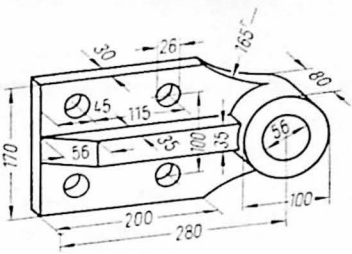
Vierkante und Vierkantlöcher für Spindeln usw. s. DIN 79 Bl. 1.

Übung

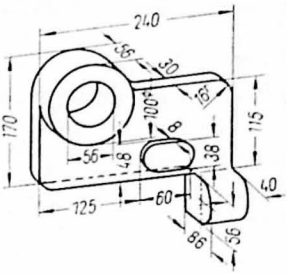
Zeichne in geeignetem Maßstab die Werkstücke 35.1 und 35.3 bis 6, die zum Teil nur mit einigen Hauptmaßen versehen sind, in drei Ansichten und 35.2 und 35.7 in zwei Ansichten und trage die zur Fertigung nötigen Maße ein.



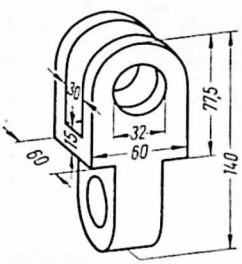
35.1 Barren aus GG-16



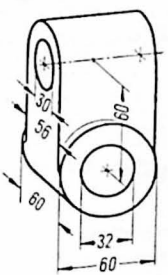
35.2 Seitenlager aus GG-22



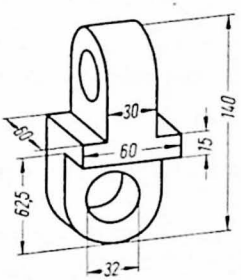
35.3 Bock aus GG-14



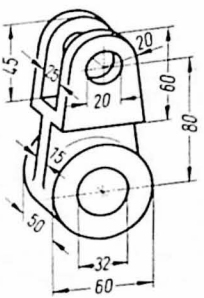
35.4 Gelenk aus St 50



35.5 Gelenk aus St 50



35.6 Gelenk aus St 50

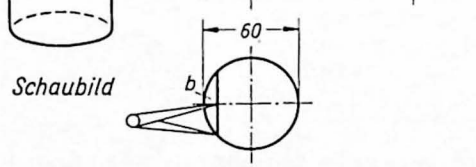


35.7 Gabel aus St 50

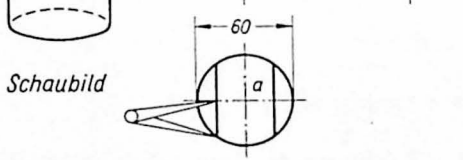
Ausschnitte aus der Rundsäule. Durch einen Schnitt senkrecht und einen Schnitt parallel zur Körperachse entstehen Rechteck *a* und Kreisabschnitt *b* (35.8). Das Rechteck erscheint in der Draufsicht als Linie; sie wird als Breite der Rechteckfläche in die Seitenansicht übertragen.

Außer dem Durchmesser und der Körperhöhe sind zwei Absatzmaße notwendig. Die Breite des Rechtecks wird aber nicht bemaßt, weil sie bei der Bearbeitung zwangsläufig entsteht.

In Bild 35.9 hat die Rundsäule einen Schlitz von rechteckigem Querschnitt. Der Schlitz wird von dem Teil *a* einer Kreisfläche und zwei gleich großen Rechtecken *b* begrenzt.



35.8 Ausschnitt aus der Rundsäule



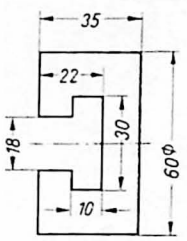
35.9 Geschlitzte Rundsäule

Je breiter der Schlitz ist, desto schmaler sind die Rechtecke und umgekehrt. Die Breite der Rechtecke wird aus der Draufsicht übernommen. Die senkrechten Umrißlinien der Rundsäule in der Seitenansicht sind abgesetzt, weil im Schlitz Werkstoff fortgefallen ist.

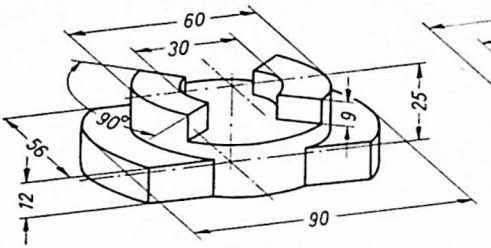
Zu bemaßen sind Durchmesser und Höhe des Werkstücks und Breite und Tiefe des Schlitzes.

Übung

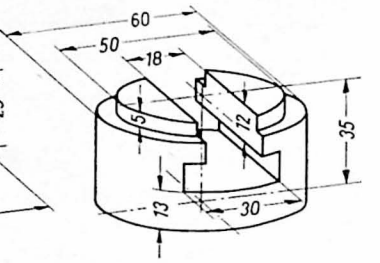
Zeichne die Werkstücke **36.1** bis 3 in drei Ansichten und trage die Maße ein.



36.1 Genutete Schelbe aus St 37



36.2 Klaue aus GG-18

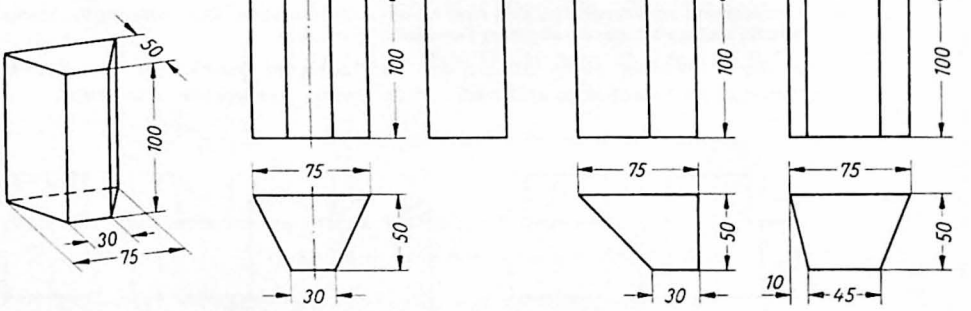


36.3 Führungssockel aus St 60

4.5 Trapez-, sechs- und dreikantige Werkstücke

Trapezkantige Werkstücke (**36.4**). Von einer stehenden Trapezsäule ist die Trapezfläche in der Draufsicht zu sehen. Vorderansicht und Seitenansicht sind Rechtecke (**36.4b**). Die Vorderansicht zeigt außerdem zwei weitere senkrechte Körperkanten.

Ist die Trapezfläche gleichschenklig (**36.4b**) oder hat sie rechte Winkel (**36.4c**), dann genügen vier Maße: große und kleine Grundlinie, Trapezhöhe und Körperhöhe. Beim ungleichschenkligen Trapez ist ein fünftes Maß (**36.4d**) zur Angabe der seitlichen Verschiebung der Grundlinien zueinander erforderlich. In allen drei Darstellungen ist die Seitenansicht entbehrlich.

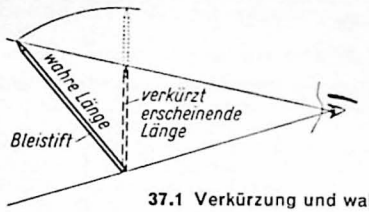


a) Schaubild *b) drei Ansichten (4 Maße)* *c) zwei Ansichten (4 Maße)* *d) zwei Ansichten (5 Maße)*

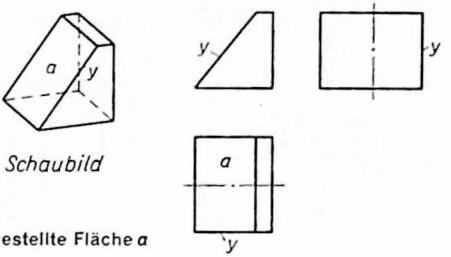
36.4 Trapezsäule

Die Zeichnung der Trapezsäule enthält verkürzt dargestellte Seitenflächen. Eine Linie ist in wahrer Größe zu sehen, wenn die Endpunkte gleichen Abstand vom Auge haben (**37.1**).

Ist sie geneigt, dann erscheint sie verkürzt, und zwar um so mehr, je größer die Neigung ist. Im Grenzfall liegt sie in der Richtung des Sehstrahles und erscheint als Punkt. In Bild **37.2** ist die Kante *y* demgemäß in wahrer Größe nur in der Vorderansicht zu sehen. In der Seitenansicht und der Draufsicht ist die Kante und somit die dazugehörige Fläche *a* verkürzt dargestellt.



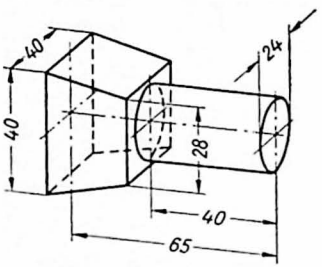
37.1 Verkürzung und wahre Länge



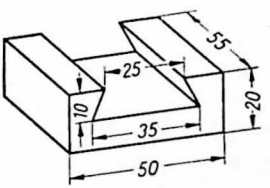
37.2 Verkürzt dargestellte Fläche *a*

Übung

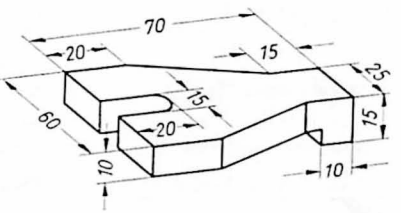
Zeichne die Werkstücke **37.3** bis 5 in geeigneten Ansichten und trage die Maße ein.



37.3 Ankerbolzen aus St 37

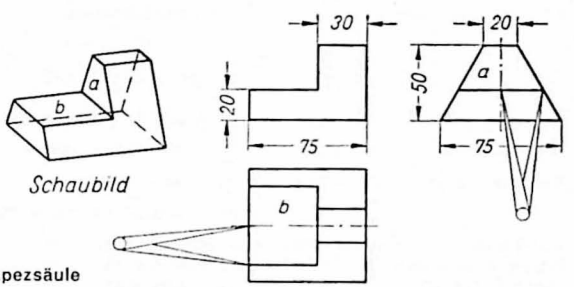


37.4 Schwalbenschwanzführung aus GG-14



37.5 Spannklaue aus St 37

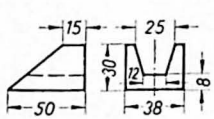
Durch den Ausschnitt aus der Trapezsäule entstehen Trapezfläche *a* und Rechteckfläche *b* (**37.6**). Die Trapezfläche *a* in der Seitenansicht entsteht durch Herüberholen der großen Grundlinie aus der Vorderansicht. Die Höhe der Rechteckfläche in der Draufsicht wird in der Seitenansicht abgegriffen.



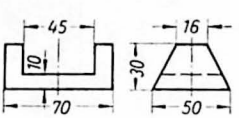
37.6 Ausgeschnittene Trapezsäule

Übung

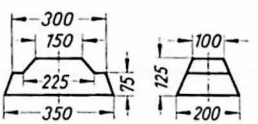
Zeichne die Werkstücke **37.7** bis 10 in drei Ansichten und trage die Maße ein.



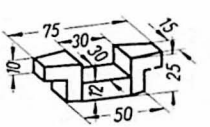
37.7 Nutenstein aus St 60



37.8 Bock für Morsetaste aus G-Ms 67



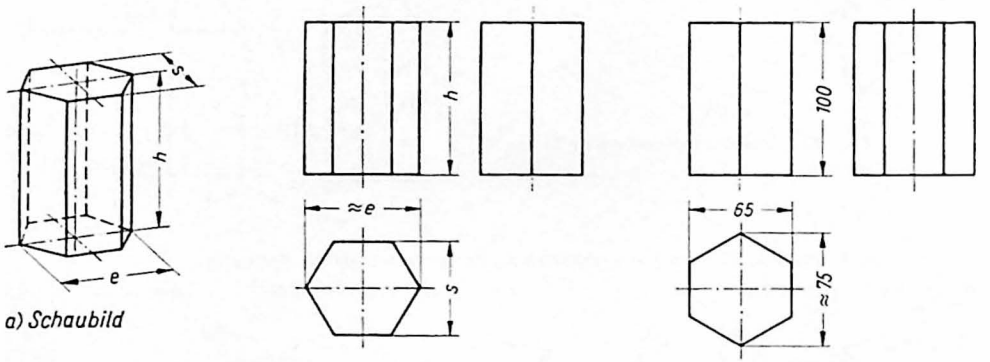
37.9 Massel aus LSn 60



37.10 Spanneisen aus St 50

Sechskantige Werkstücke. Die Deckfläche einer aufgerichteten Sechsecksäule ist in der Draufsicht zu sehen. Je nach ihrer Lage erscheinen in der Vorderansicht drei und in der Seitenansicht zwei Seitenflächen des Körpers (**38.1** b) oder umgekehrt (**38.1** c).

Die Breite der Vorderansicht ist in Bild **38.1** b gleich dem Abstand zweier gegenüberliegender Ecken, dem Eckenmaß *e*, die der Seitenansicht ist gleich dem Abstand zweier gegenüberliegender Sechseckseiten, dem Seitenmaß *s*. Von den Seitenflächen des Körpers erscheint nur die mittlere Fläche in der Vorderansicht in wahrer Breite.



a) Schaubild

b) Sechseckfläche auf einer Seite aufliegend

c) Sechseckfläche auf einer Ecke stehend

38.1 Sechsecksäule

Auch zur Darstellung der Sechsecksäule sind nur zwei Ansichten erforderlich.

Das Eckenmaß *e* ergibt sich aus dem Seitenmaß *s* zu

$$e = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot s \approx 1{,}155 \cdot s$$

Beispiel

Bei einem Seitenmaß $s = 32$ mm beträgt das Eckenmaß

$$e \approx 1{,}155 \cdot s \approx 1{,}155 \cdot 32 \text{ mm} \approx 36{,}96 \text{ mm} \approx 37 \text{ mm}$$

Das Seitenmaß *s* läßt sich aus dem Eckenmaß *e* bestimmen

$$s = 0{,}5 \cdot \sqrt{3} \cdot e \approx 0{,}866 \cdot e$$

Beispiel

Bei einem Eckenmaß $e = 75$ mm ist das Seitenmaß

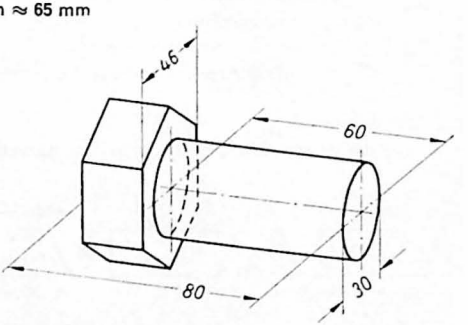
$$s \approx 0{,}866 \cdot e \approx 0{,}866 \cdot 75 \text{ mm} \approx 65 \text{ mm}$$

Zur Bemaßung der Sechsecksäule genügt außer der Körperhöhe entweder das Seitenmaß oder das Eckenmaß. Es können jedoch auch alle drei Maße nötig sein.

Da gewöhnlich das Eckenmaß das errechnete, abgerundete Maß ist, wird vor die Maßzahl das Ungefährzeichen ≈ gesetzt (**38.1** c).

Übungen

1. Zeichne ein Stück Sechskantstahl St 37 und trage die Maße ein. Das Seitenmaß *s* beträgt 50 und die Höhe 25.
2. Zeichne den Schraubenrohling (**38.2**) in drei Ansichten mit Bemaßung.



38.2 Rohling für Sechskantschraube aus St 37

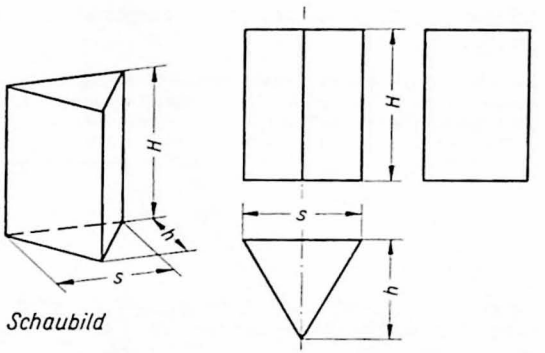
Dreikantige Werkstücke. In der Darstellung einer Dreiecksäule nach Bild **39.1** sind in der Vorderansicht zwei und in der Seitenansicht eine Seitenfläche des Körpers verkürzt zu sehen. Die Umrißlinien der Vorderansicht zeigen die wahre Größe der hinteren Seitenfläche. Die Breite der Seitenansicht ist gleich der Höhe *h* der Dreieckfläche in der Draufsicht.

Höhe *h* und Seitenlänge *s* im gleichseitigen Dreieck sind voneinander abhängig. Eine Größe läßt sich aus der anderen berechnen:

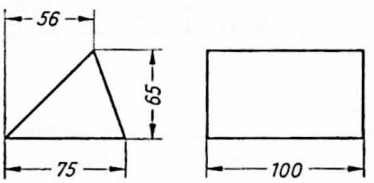
$$h \approx 0{,}866 \cdot s \quad \text{und} \quad s \approx 1{,}155 \cdot h$$

Die Anzahl der Maße richtet sich nach der Gestalt der Dreieckfläche. Ist sie gleichseitig, gleichschenkelig oder rechtwinklig, dann genügen drei Maße für den Körper. Für jede andere Form der Dreieckfläche ist ein weiteres Maß zur Festlegung der Dreieckspitze erforderlich (**39.2**).

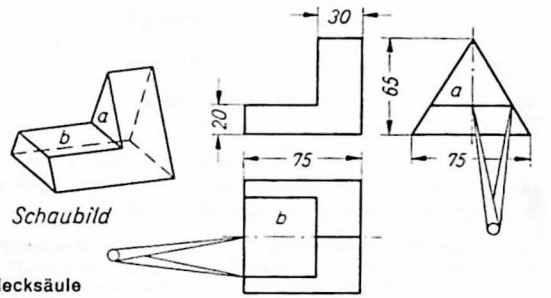
Ein Ausschnitt aus der Dreiecksäule erzeugt eine Dreieckfläche *a* und eine Rechteckfläche *b* (**39.3**). Sie werden wie die Flächen *a* und *b* in Bild **37.6** in die Seitenansicht und Draufsicht eingezeichnet.



39.1 Dreiecksäule



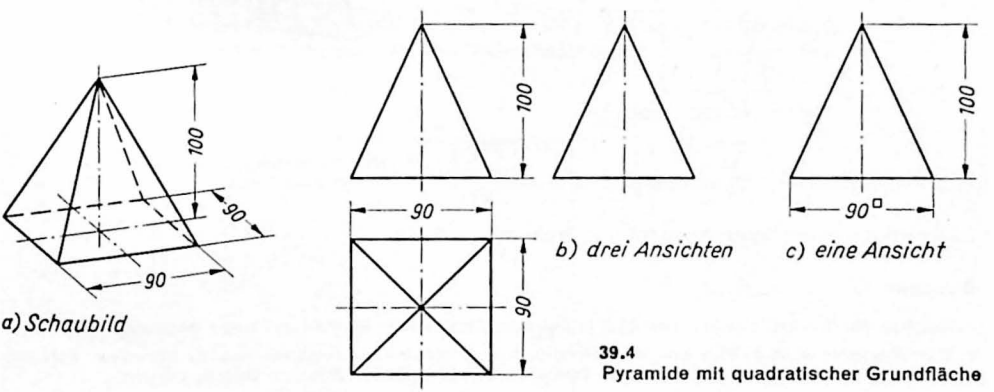
39.2 Dreiecksäule (4 Maße)



39.3 Ausgeschnittene Dreiecksäule

4.6 Pyramidische Werkstücke

Gerade Pyramiden mit quadratischer Grundfläche (**39.4**) haben deckungsgleiche Seitenflächen, bei rechteckiger Grundfläche sind sie nur paarweise deckungsgleich (**40.1**).

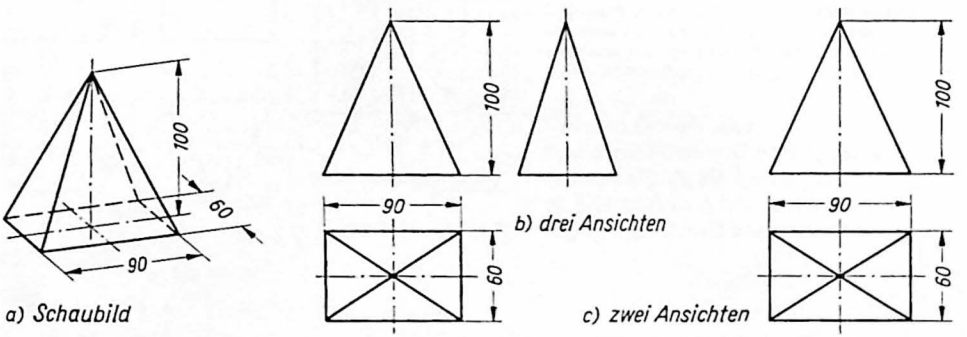


39.4
Pyramide mit quadratischer Grundfläche

Die Grundfläche der stehenden Pyramide ist in der Draufsicht zu sehen, in der die Seitenkanten der Pyramide als Diagonalen erscheinen. Vorderansicht und Seitenansicht sind deckungsgleiche gleichschenklige Dreiecke und zeigen die Seitenflächen verkürzt (**39.4b**). Bei rechteckiger Grundfläche sind Vorderansicht und Seitenansicht verschieden (**40.1b**).

Die Seitenansichten können fortfallen. Pyramiden mit quadratischer Grundfläche brauchen nötigenfalls nur in einer Ansicht dargestellt zu werden (**39.4c**). Sie ist aber nicht ganz eindeutig.

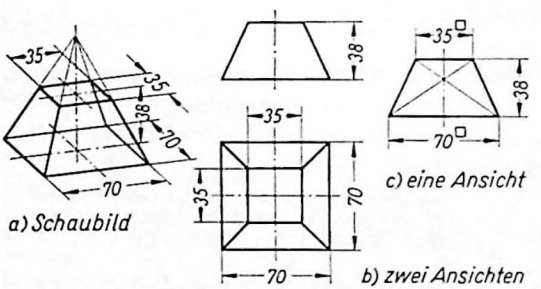
Zu jeder der beiden Pyramiden gehören drei Maße. Die beiden Maße an der quadratischen Grundfläche können zu einem Maß in der Vorderansicht vereinigt werden, das aber dann mit dem Quadratzeichen (**30.3**) versehen werden muß (**39.4c**).



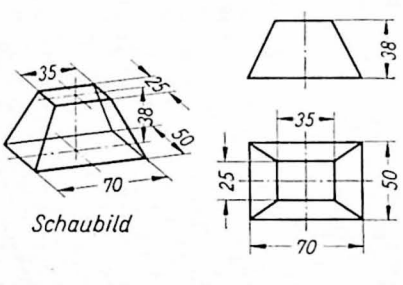
40.1 Pyramide mit rechteckiger Grundfläche

Pyramidenstümpfe mit quadratischen Grund- und Deckflächen haben deckungsgleiche Trapeze als Seitenflächen (**40.2**). Bei Pyramiden mit rechteckigen Grund- und Deckflächen sind sie paarweise deckungsgleich (**40.3**).

Der Pyramidenstumpf hat fünf Maße. Bei beiden Körpern kann die Seitenansicht fortfallen, beim Pyramidenstumpf mit quadratischer Grundfläche nötigenfalls auch die Draufsicht (**40.2c**). In diesem Falle trägt die Vorderansicht das Diagonalkreuz; außerdem wird die Zahl der Maße durch Anwendung des Quadratzeichens auf drei herabgesetzt. Doch sollte die Darstellung in nur einer Ansicht vermieden werden.



40.2 Pyramidenstumpf mit quadratischer Grundfläche

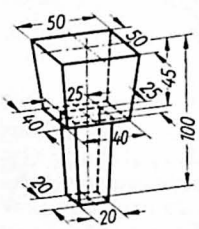


40.3 Pyramidenstumpf mit rechteckiger Grundfläche

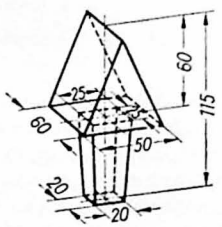
Über Verjüngung, Spitzenwinkel und Neigung s. S. 87.

Übungen

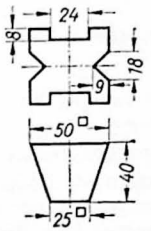
1. Zeichne die Werkstücke **41.1** und **41.2** in den erforderlichen Ansichten und trage die Maße ein.
2. Die Werkstücke **41.3**, **41.4** und **41.5** sind in drei Ansichten zu zeichnen und zu bemaßen. Fehlende Körperkanten sind zuvor zu ergänzen. Das Loch 30×15 in Bild **41.5** ist ein Durchgangsloch.



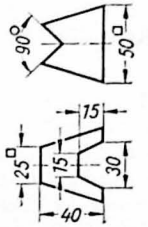
41.1 Amboßeinsatz aus St 70



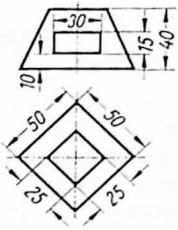
41.2 Abschroter aus St 70



41.3 Genuteter Klotz aus St 37



41.4 Genuteter Klotz aus St 37

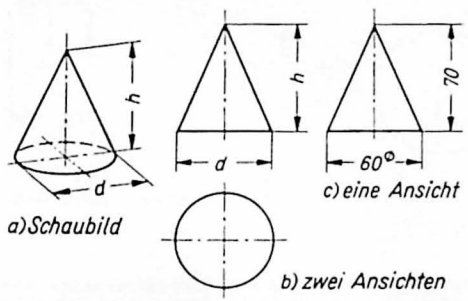


41.5 Klotz aus St 37 mit Durchbruch

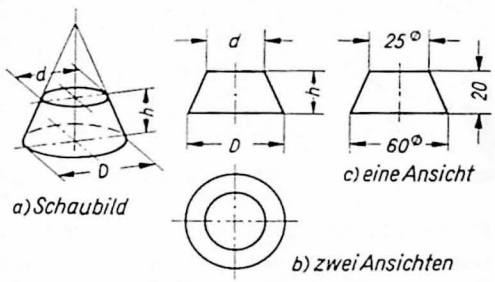
4.7 Kegelige Werkstücke

Die üblichen Ansichten eines geraden Kegels (**41**.6a) bestehen aus einem Kreis und zwei gleich großen, gleichschenkligen Dreiecken. Es sind aber nur zwei Ansichten erforderlich (**41**.6b). Die Vorderansicht allein kann auch genügen (**41**.6c), doch ist auch sie nicht ganz eindeutig.

Mit zwei Maßen, dem Durchmesser *d* der Grundfläche und der Körperhöhe *h*, sind die Abmessungen des Kegels festgelegt.



41.6 Kegel

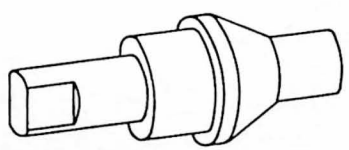


41.7 Kegelstumpf

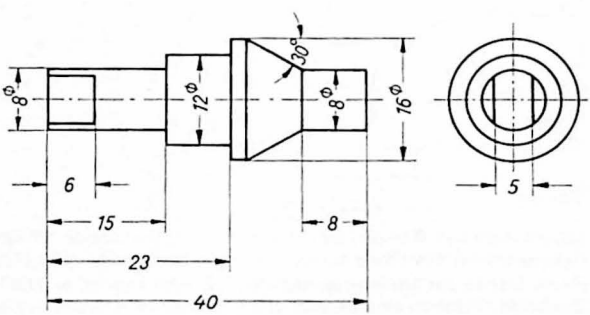
Der Kegelstumpf wird durch zwei Kreise und ein Trapez oder ausnahmsweise durch ein Trapez allein dargestellt (**41**.7).

Der Kegelstumpf hat drei Maße, und zwar die Durchmesser *D* und *d* und die Körperhöhe *h*.
Ein Werkstück mit kegeliger Form zeigt Bild 41.8. Kegel, Kegelwinkel und Neigung s. S. 83.

41.8 Ventilkegel aus Ms 58



Schaubild

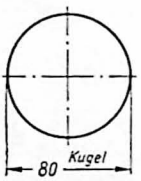


4.8 Kugelige Werkstücke

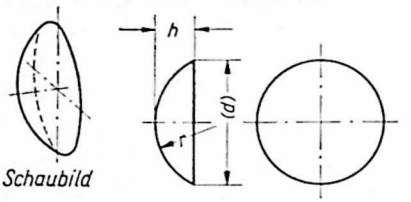
Der Umriß einer Kugel ist ein Kreis, gleichgültig, von welcher Seite sie betrachtet wird (42.1). Die Größe wird durch den Durchmesser bestimmt. Zur Darstellung der Kugel genügt eine Ansicht, die Maßzahl muß aber dann den Zusatz **Kugel** erhalten. Der Kugelabschnitt wird meist in zwei Ansichten gezeichnet (42.2) und hat drei Abmessungen, Kugeldurchmesser bzw. -halbmesser *r*, Durchmesser *d* der Grundfläche und Höhe *h*. Je nach den Umständen wird die Maßzahl für *d* oder die für *h* eingeklammert oder das Maß wird fortgelassen (s. S. 33).

Das Wort „Kugel" wird der Maßzahl hinzugefügt, wenn die Kugelform in weniger als drei Ansichten dargestellt ist (42.1), da eine Kugel ohne diesen Zusatz eindeutig nur durch drei Ansichten bestimmt ist. „Kugel" wird etwas kleiner, aber nicht kleiner als 2 mm erhöht hinter die Maßzahl geschrieben. Das Durchmesserzeichen ist notwendig, wenn das Durchmessermaß nur einen Pfeil trägt (s. S. 32).

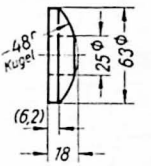
Wird der Kugelhalbmesser bemaßt, dann wird das Halbmesserzeichen *r* gesetzt, wenn das Halbmessermaß nicht bis zum Zirkeleinsatzpunkt herangeführt ist (42.3). Bei Linsenkuppen an Bolzen- und Schraubenenden usw. wird jedoch das Halbmessermaß ohne irgendwelchen Zusatz eingetragen (42.4).



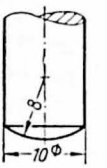
42.1 Kugel



42.2 Kugelabschnitt



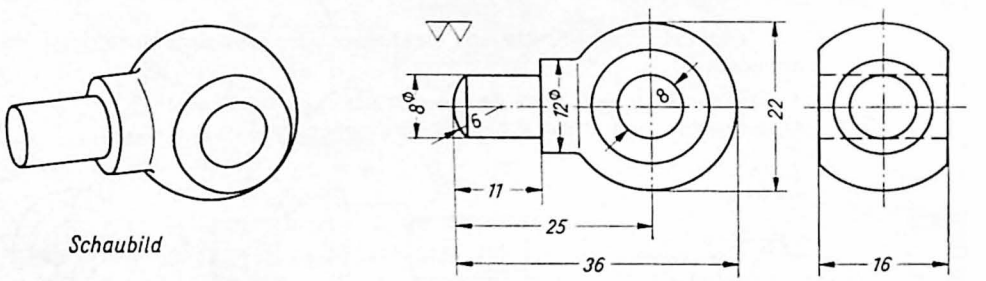
42.3 Kugelige Scheibe



42.4 Bolzenende

Ein Werkstück mit kugeliger Form zeigt Bild 42.5.

Eine Ausrundung mit kleinem Halbmesser, wie sie zwischen dem kugeligen und dem zylindrischen Teil des Klobens auftritt, kann mit einer dünnen Vollinie angegeben werden, wenn das Bild dadurch anschaulicher ist.



42.5 Kloben aus St 37

Übung

Lagerschale aus GG—22. Zeichne eine hohle Rundsäule $78^{\Phi}/36^{\Phi}$, 155 lang, in Vorderansicht (liegend) und Seitenansicht! Die Säule ist an beiden Enden kegelig auf $55^{\Phi}/50^{\Phi}$ und 50 lang nach den Stirnflächen verjüngt. Der in der Mitte verbleibende Teil wird kugelig $\approx 77{,}8^{\Phi}$ geformt. Er ist vorn und hinten geflacht. Die beiden Flächen sind parallel und haben einen Abstand von 55. Fertige die Zeichnung mit Bemaßung an.

4.9 Arbeitsfolge beim Aufzeichnen

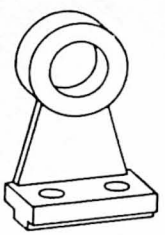
Beim Aufbau einer Darstellung ist es sehr nützlich, eine geregelte Arbeitsfolge einzuhalten. Es gibt im Anfang zwei Möglichkeiten:

Die Arbeitsfolge kann sich nach den Grundformen des Werkstücks richten. Dieses Verfahren soll an dem Halter (**43.1**) gezeigt werden.

Er wird hierzu gedanklich zergliedert, und zwar in Nabe, Bohrung, Grundplatte, Steg, Leiste und Schraubenlöcher (**43.2**). Diese Formen werden einzeln der Reihe nach gezeichnet (**43.3** bis **44.3**) und zur Darstellung vereinigt. Erst dann, wenn eine Grundform in allen drei Ansichten gezeichnet ist, folgt die nächste. So kommt System in die Zeichenarbeit.

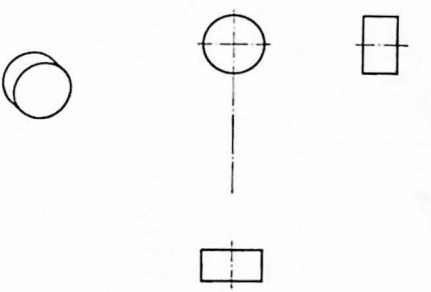
Auch die Maße werden planmäßig eingetragen (**44.4**). Die Bohrung erhält zwei Maße: Durchmesser 36 und Länge 20. Für die Nabe wären ebenfalls zwei Maße notwendig. Da aber die Länge gleich der Länge der Bohrung ist, wird nur der Nabendurchmesser 60 eingetragen.

Von Bedeutung ist die Bauhöhe. Darunter ist der Abstand 80 von der Bohrungsmitte bis zur Unterfläche der Grundplatte, der Auflagefläche des Halters, zu verstehen.

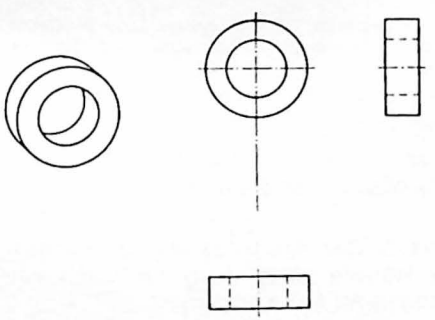


43.1 Halter

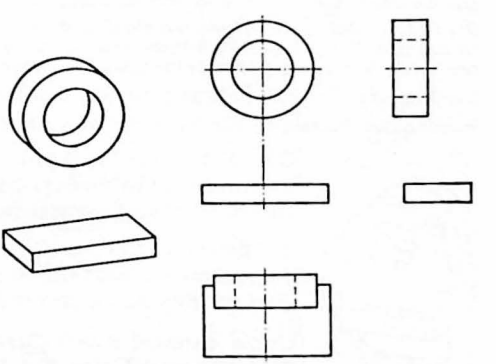
43.2 Zerlegen des Werkstücks in Grundkörperformen



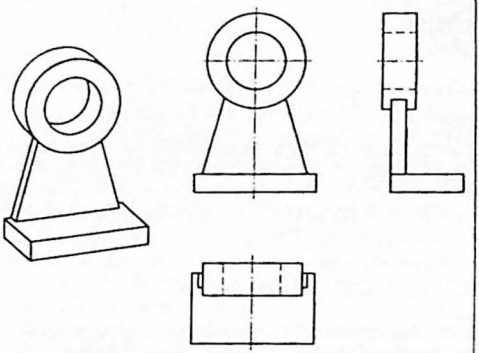
43.3 Die Bohrung ist eine Rundsäule



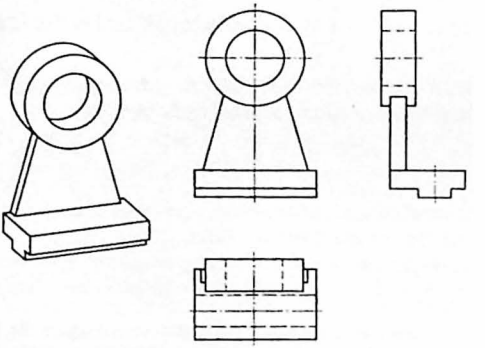
43.4 Die Nabe ist eine Rundsäule



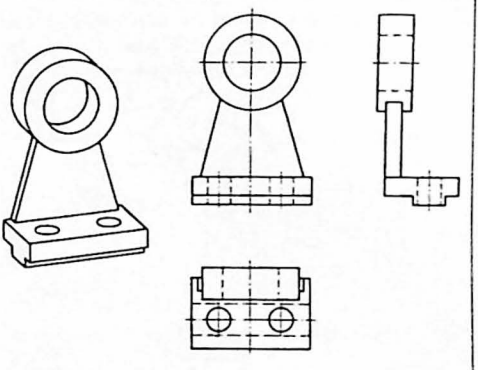
43.5 Die Grundplatte ist eine Rechtecksäule



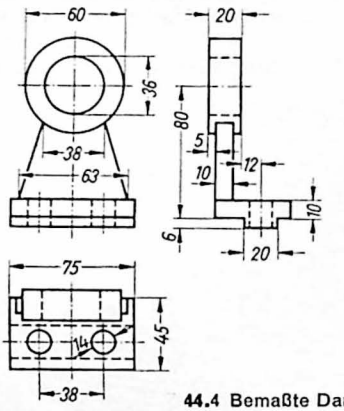
44.1 Die Grundform des Steges ist eine Trapezsäule



44.2 Die Leiste ist eine Rechtecksäule



44.3 Die Schraubenlöcher sind Rundsäulen



44.4 Bemaßte Darstellung

Die Grundplatte erhält die Maße: Länge 75, Breite 45 und Dicke 10. Außerdem muß angegeben sein, daß sie gegenüber der hinteren Nabenstirnfläche um 5 versetzt ist.

Für die Höhe des Stegs ist ein Maß nicht erforderlich, weil sie durch die Bauhöhe festliegt. Ebenso erübrigt sich die Bemaßung der Stegausrundung, die durch die Nabe bestimmt ist. Es werden daher nur die untere und die obere Breite 63 und 38 und die Stegdicke 10 bemaßt.

Die Führungsleiste ist so lang wie die Grundplatte, so daß nur Breite 20, Dicke 6 und die Lage der Leiste einzutragen sind. Mit dem Maß 12 ist nicht nur die Mitte der Leiste festgelegt, sondern auch die Entfernung der Schraubenlochmitte von der vorderen Nabenstirnfläche.

Der Abstand von Mitte zu Mitte Schraubenloch wird mit 38 und der Durchmesser mit 14 angegeben.

Folgerichtige Bemaßung gibt Gewähr, daß kein Maß vergessen oder doppelt eingetragen wird.

44.5 Gabelkopf

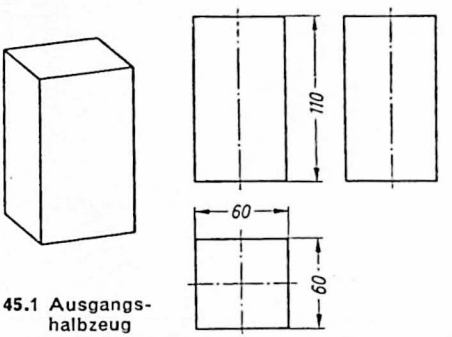
Die Arbeitsfolge kann dem Fertigungsablauf angeglichen werden. Das ist besonders bei Teilen möglich, die durch Spanabnahme aus vollem Werkstoff entstehen.

Ein Beispiel zeigt der Gabelkopf (44.5). Das Ausgangshalbzeug hat quadratischen Querschnitt 60 und ist 110 lang (45.1). Jeder Fertigungsgang wird in allen Ansichten ohne Eintragen der Maße gezeichnet.

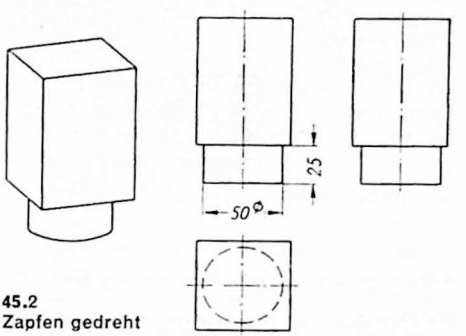
Unten entsteht durch Drehen ein Zapfen 50$^{\Phi}$, 25 lang (45.2). In dessen Stirnfläche wird eine Nut, 25 breit und 10 tief, gefräst (45.3). Vorder- und Rückenfläche erhalten durch Fräsen einen Absatz, 70 lang und 5 tief (45.4).

Die Dicke des Kopfes beträgt somit 50 und die Höhe der beiden Vorsprünge 15. Nun wird der Kopf halbkreisförmig gerundet (**45.5**). Der Mittelpunkt des Bogens liegt 55 vom Zapfenansatz entfernt. Dann erhält der Kopf eine Durchgangsbohrung 30^{ϕ} (**45.6**) und schließlich einen Schlitz, 25 breit und 62 tief (**46.1**).

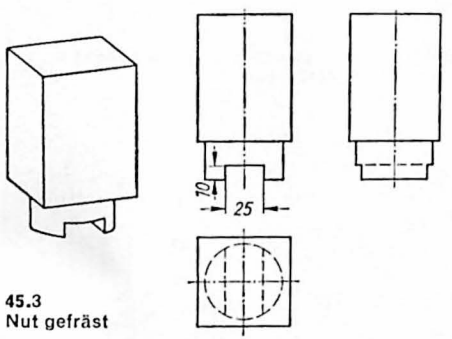
Nach Überprüfen aller Linien wird nachgezogen und dann bemaßt (**46.2**). Die Auswahl der Maße und die Reihenfolge der Eintragung richten sich ebenfalls nach den Fertigungsgängen.



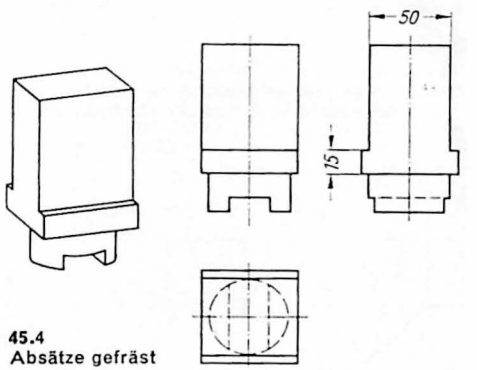
45.1 Ausgangshalbzeug



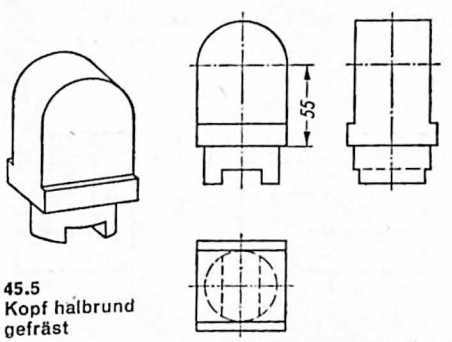
45.2
Zapfen gedreht



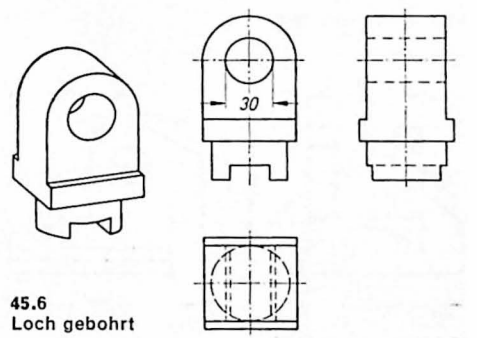
45.3
Nut gefräst



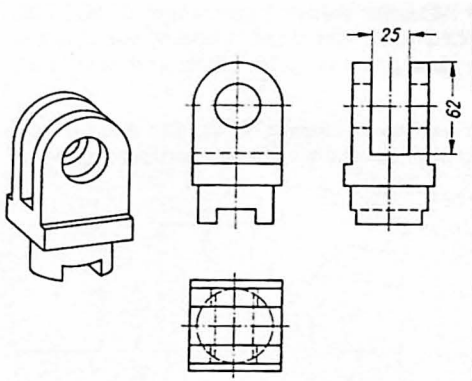
45.4
Absätze gefräst



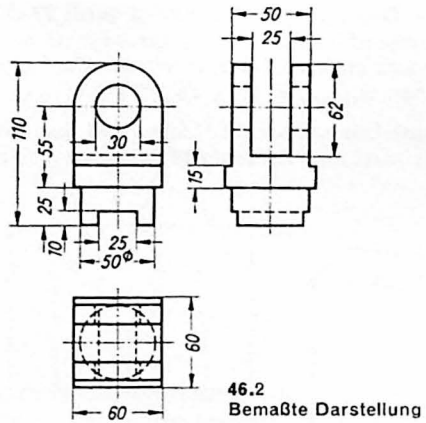
45.5
Kopf halbrund gefräst



45.6
Loch gebohrt



46.1 Schlitz gefräst



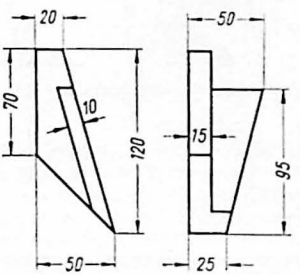
46.2
Bemaßte Darstellung

Arbeitsgänge bei der Herstellung einer Schnittzeichnung s. S. 48.

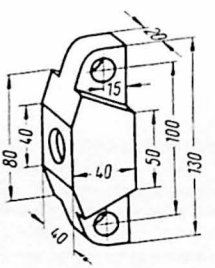
Die Einhaltung der beschriebenen Arbeitsfolgen bietet dem Lernenden erheblichen Nutzen. Der im Konstruieren und im Zeichnen Geübte wird aber zunächst von dem Zweck und der Funktion des Werkstücks unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Fertigung ausgehen und dann bei dessen Gestaltung ganz von selbst auf die geometrischen Teilformen stoßen.

Übung

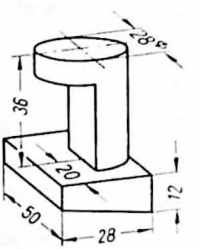
Zeichne in geeignetem Maßstab die zum Teil nur mit einigen Hauptmaßen versehenen Werkstücke **46.3** bis 7 in den üblichen drei Ansichten und trage alle zur Fertigung nötigen Maße ein.



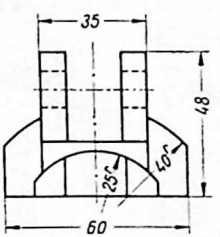
46.3 Winkel aus St 37



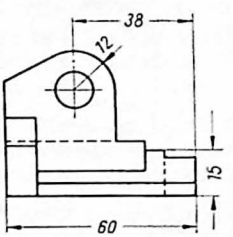
46.4 Querbalken
aus St 37

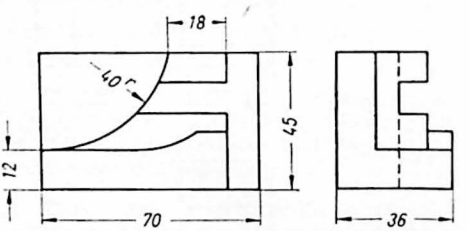


46.5 Formstück
aus G-Ms 67



46.6 Gleiter aus St 60





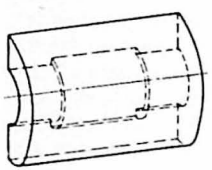
46.7 Auflagebock aus St 50

5 Darstellung hohler und abgebrochener Werkstücke

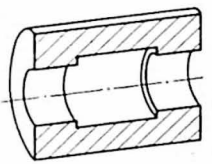
5.1 Schnittzeichnungen (DIN 6)

Hohle Werkstücke werden im **Schnitt** dargestellt. Beim Vollschnitt wird angenommen, das Werkstück sei in Längsrichtung der Körperachse in Hälften zerlegt und die vordere fortgenommen (47.1), so daß das Innere des Werkstücks zu sehen ist (47.2). Der Hohlraum wird nun nicht mehr durch Strichlinien (47.3), sondern durch Vollinien dargestellt (47.4). Schnittflächen in der Zeichnung werden schraffiert. Beim Halbschnitt ist nur die Hälfte eines Zeichnungsbildes geschnitten dargestellt (71.1).

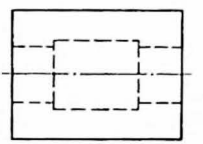
Die Schnittzeichnung zeigt den Hohlraum des Werkstücks klarer als eine Ansichtszeichnung, erfordert aber etwas größeren Arbeitsaufwand.



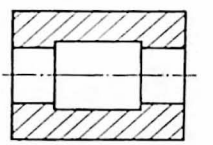
47.1 Vordere Körperhälfte



47.2 Hintere Körperhälfte

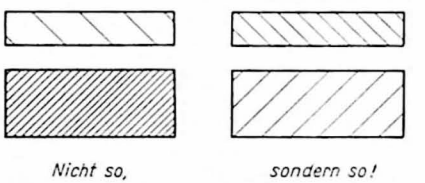


47.3 Ungeschnitten dargestelltes Werkstück



47.4 Schnittdarstellung

Schraffurlinien haben die Dicke der Maßlinien und liegen unter 45°. Richtung und Abstand der Schraffurlinien desselben Werkstücks sind einheitlich. Der Abstand richtet sich nach der Größe der Schnittfläche und darf weder zu groß noch zu klein sein (47.5).

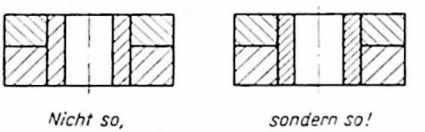


47.5 Schraffurweiten

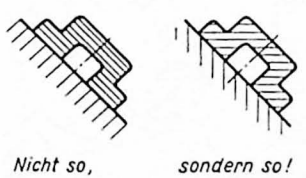
Schnittflächen verschiedener Werkstücke erhalten unterschiedliche Schraffuren durch entgegengesetzte Richtungen oder verschiedene Abstände. Bei nebeneinanderliegenden Schnittflächen können auch beide Möglichkeiten angewendet werden (47.6).

Von der üblichen Richtung der Schraffurlinien kann bei schrägliegenden Schnittflächen abgewichen und eine der Lage der Fläche angepaßte Richtung gewählt werden (47.7).

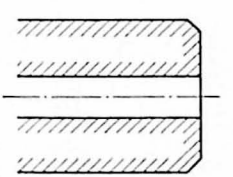
In großen Schnittflächen kann die Schraffur auf die Randzonen beschränkt werden (47.8).



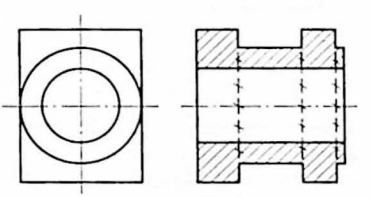
47.6 Verschiedene Schraffuren



47.7 Angepaßte Schraffurrichtung



47.8 Randschraffur

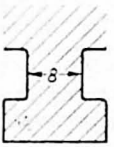


47.9 Strichlinien sind hier überflüssig

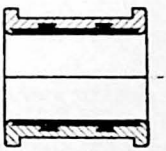
Strichlinien für verdeckte Körperkanten fallen in Schnittzeichnungen fort (47.9), es sei denn, daß sie zur Darstellung des Werkstücks unentbehrlich sind.

Maßangaben sind in schraffierten Flächen tunlichst zu vermeiden. Ist das nicht möglich, dann muß an der Stelle der Maßzahl die Schraffur unterbrochen werden (48.1).

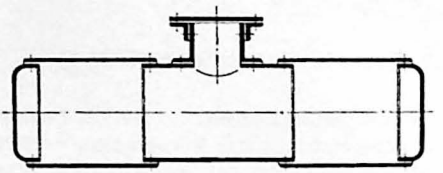
Schmale Schnittflächen sind zu schwärzen (48.2). Stoßen mehrere zu schwärzende Flächen aneinander, dann werden Innenfugen vorgesehen (48.3 und 4).



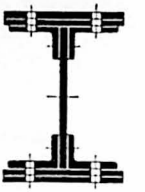
48.1 Unterbrochene Schraffur



48.2 Schwärzung schmaler Schnittflächen

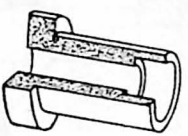


48.3 Kessel

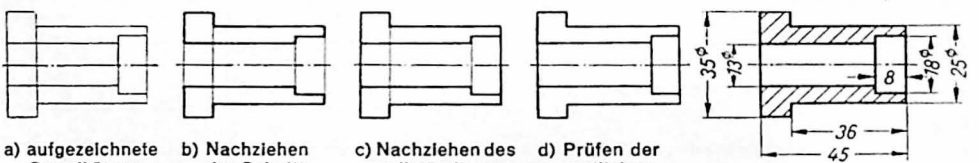


48.4 Blechträger

Die Arbeitsgänge bei der Herstellung einer Schnittzeichnung sollen an dem Beispiel einer Buchse gezeigt werden (48.5). Zuerst sind die einzelnen Grundformen des Werkstücks der Reihe nach, gleichgültig, ob es sich um sichtbare oder verdeckte Körperkanten handelt, in dünnen Linien zu zeichnen (48.6a). Dann werden die Umrisse der Schnittflächen (48.6b) und die restlichen des ganzen Schnittbildes (48.6c) nachgezogen. Die rechte der noch verbleibenden Linien ist eine sichtbare Kante des umlaufenden Absatzes im Hohlraum und muß dick gezogen werden (48.6d). Die letzte Linie dagegen stellt den verdeckten, außen umlaufenden Absatz dar. Sie wird aber nicht gestrichelt, sondern entfernt, da der Absatz aus den später einzuschreibenden Maßen 35⌀ und 25⌀ hervorgeht. Dann werden die Maße eingetragen und die Schnittflächen geschrafft (48.6e).



48.5 Werkstück (Buchse)



a) aufgezeichnete Grundkörperformen

b) Nachziehen der Schnittflächen

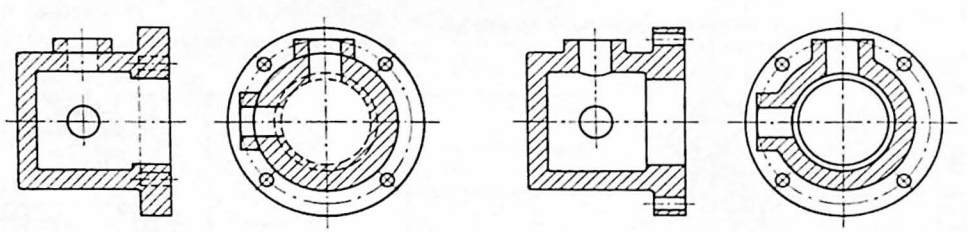
c) Nachziehen des vollständigen Umrisses

d) Prüfen der restlichen Linien

e) bemaßte Schnittdarstellung

48.6a bis e Arbeitsgänge beim Anfertigen einer Schnittzeichnung

Falsche und richtige Schnittdarstellung zeigt Bild 48.7.



Nicht so, *sondern so!*

48.7 Falsche und richtige Schnittdarstellung

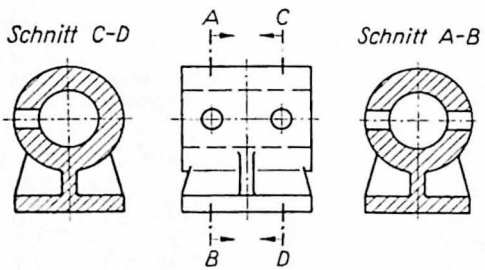
Liegen die Schraubenlöcher des Flansches nicht in der Schnittebene, dann werden sie nicht eingestrichelt, wie in der falschen Darstellung der Vorderansicht zu sehen ist. Die Löcher werden in Gedanken in der Seitenansicht um 45° gedreht, demnach mitgeschnitten und durch Vollinien dargestellt (**48.7**).

Es kommt nicht vor, daß eine Vollinie durch eine Schnittfläche läuft oder eine Schnittfläche von einer Strichlinie begrenzt wird.

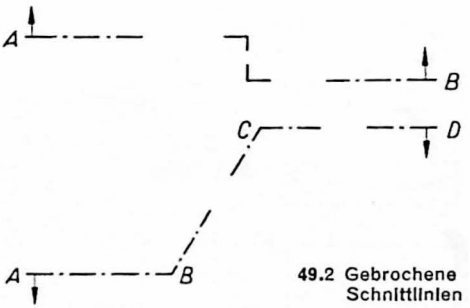
Der **Schnittverlauf** wird kenntlich gemacht, wenn er aus der Darstellung nicht eindeutig hervorgeht. Die Angabe geschieht durch Schnittlinien.

Sie sind strichpunktiert, so dick wie Vollinien, haben kürzere Striche als Mittellinien (s. S. 57) und sollen das Zeichnungsbild anschneiden (**49.1**). Vor den Enden der Schnittlinien werden Pfeile angesetzt. Sie kennzeichnen die Sehrichtung und sind kräftiger als die Pfeile der Maßlinien. Bei mehreren Schnitten durch ein Werkstück oder nicht übersichtlichem Schnittverlauf werden die Schnittlinien mit hervortretenden Großbuchstaben in alphabetischer Reihenfolge versehen.

Sie stehen in Verlängerung der Strichpunktlinien und in Leserichtung in bezug auf die Hauptlage des Zeichenbogens. Außerdem wird möglichst über die Schnittdarstellung ein entsprechender Vermerk, z. B. „Schnitt A-B", gesetzt (**49.1**). Die Bezeichnung eines Schnitts durch gleiche Großbuchstaben, z. B. „A-A", ist zulässig. Liegt der Schnitt in mehreren Ebenen, so werden die Schnittlinien geknickt (**200.1**) und je nach Möglichkeit wie in einem der Beispiele in Bild **49.2** ausgeführt.

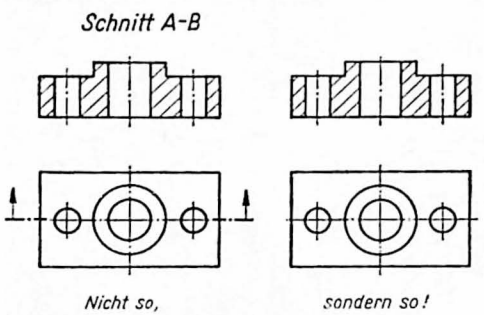


49.1 Kennzeichnung von Schnitten

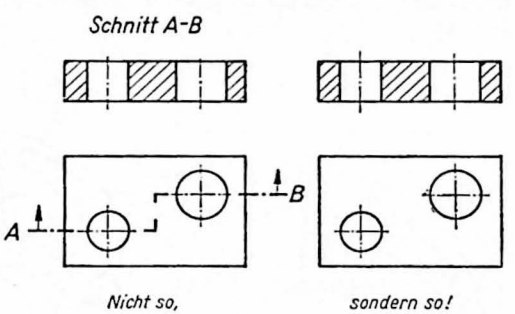


49.2 Gebrochene Schnittlinien

Schnittlinien sind jedoch nicht erforderlich, wenn Zweifel über Lage und Verlauf des Schnittes unmöglich sind (49.3, 49.4, 50.6 und 50.8 bis 51.2).

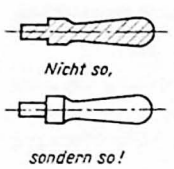


49.3 Der Schnitt durch die Mitte des Werkstücks wird nicht gekennzeichnet

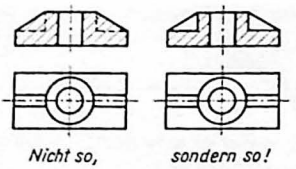


49.4 Die Kennzeichnung des Schnittverlaufs ist hier nicht erforderlich

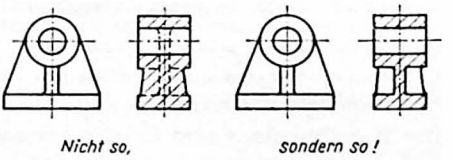
Volle Werkstücke werden nicht im Schnitt dargestellt, z. B. Griffe, Stangen, Bolzen usw. (**50.1**), verstärkende Rippen (**50.2**). Auch Stege an Lagerböcken u. ä. werden nicht im Längsschnitt dargestellt (**50.3**), ebenso auch nicht Kugeln in der Schnittzeichnung eines Lagers (**50.4**) und Zapfen an irgendwelchen Werkstücken (**50.5**).



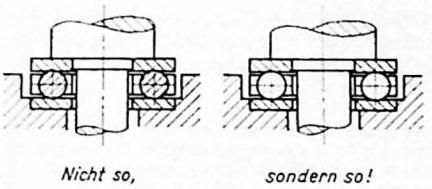
50.1 Kegelgriff



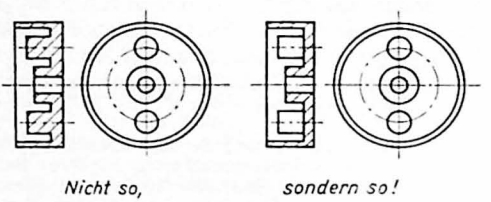
50.2 Lager



50.3 Lagerbock



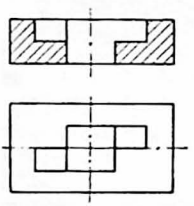
50.4 Kugellager



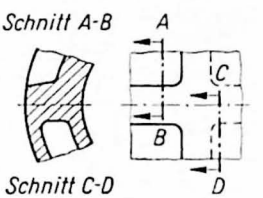
50.5 Kupplungshälfte

Liegen Oberflächen eines Werkstückes in der Schnittebene, dann wird am besten so gezeichnet, daß möglichst viel von dem Hohlraum sichtbar ist (**50.6**).

Die Schraffur zweier in verschiedenen Ebenen getrennt liegenden Schnitte am gleichen Werkstück wird versetzt gezeichnet (**50.7**), wenn die Schnittflächen der Einfachheit halber angrenzend dargestellt sind.

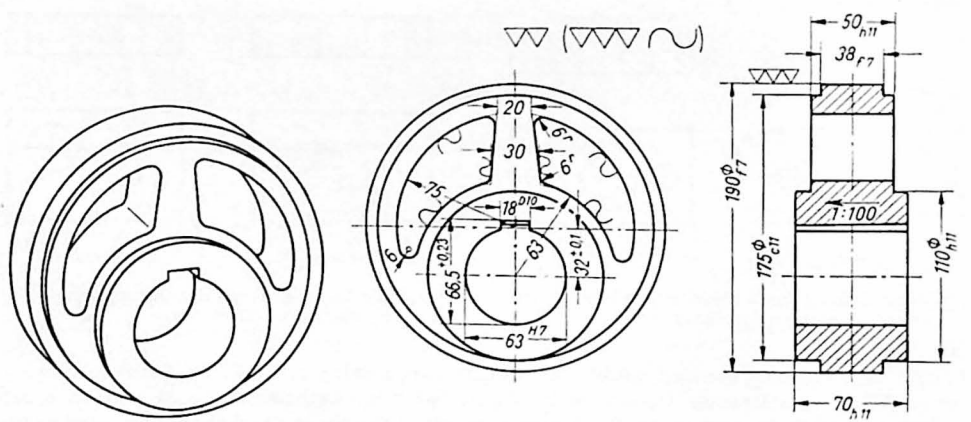


50.6 Platte

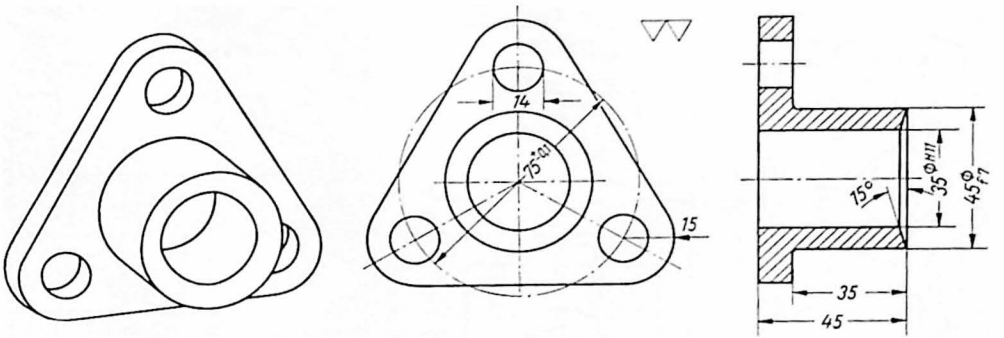


50.7 Versetzte Schraffur

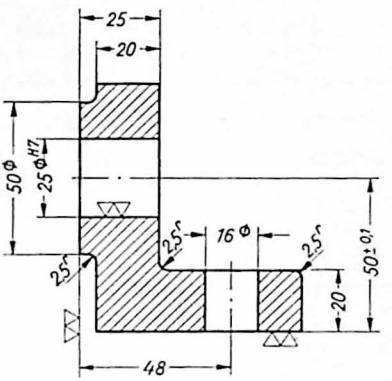
Beispiele im Schnitt dargestellter Werkstücke bringen die Bilder **50.8**, **51.**1 und 2, **52.**4 und **53.**1.

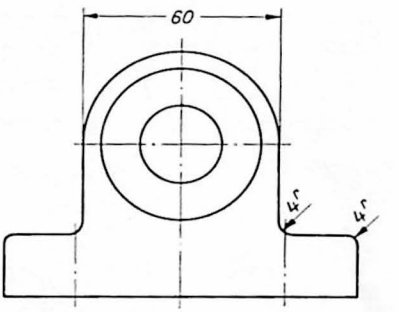


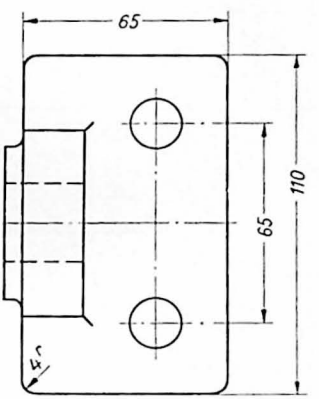
50.8 Exzenter aus GS-38

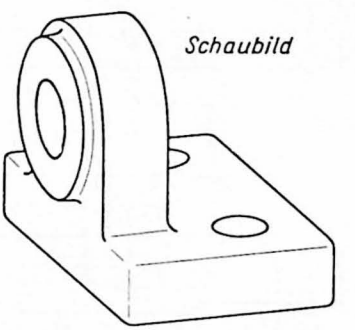


51.1 Stopfbuchsenbrille aus Rg 5





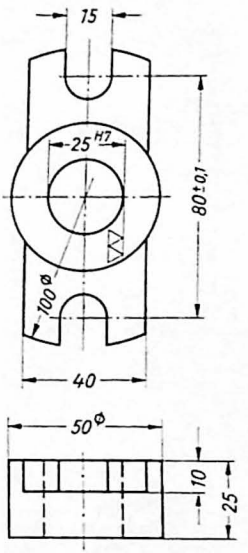




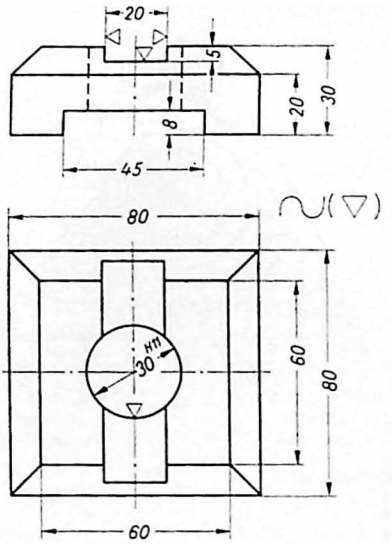
51.2
Lagerbock aus GG-18

Übungen

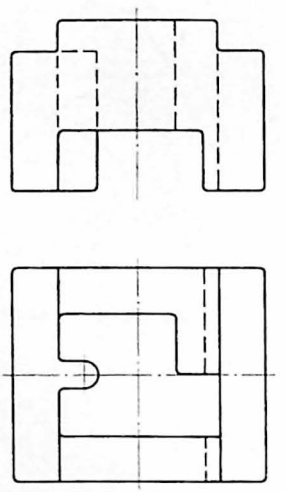
1. Ergänze die Seitenansicht des Mitnehmers als Schnittdarstellung (**52.1**).
2. Die Draufsicht der Platte (**52.2**) ist als Vorderansicht zu wählen! Zeichne dazu die beiden anderen Ansichten im Schnitt.
3. Verwandle die Vorderansicht des Sockels (**52.3**) in eine Schnittdarstellung, zeichne die Seitenansicht im Schnitt und trage die Maße ein.



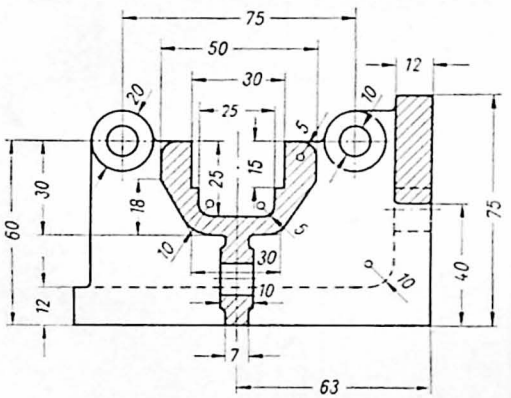
52.1 Mitnehmer aus GS-38

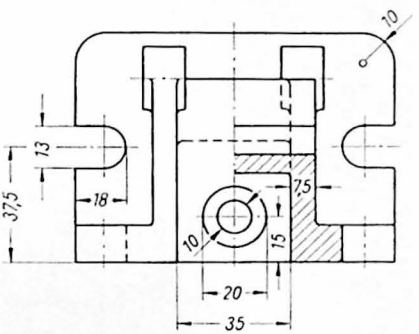


52.2 Platte aus GS-38

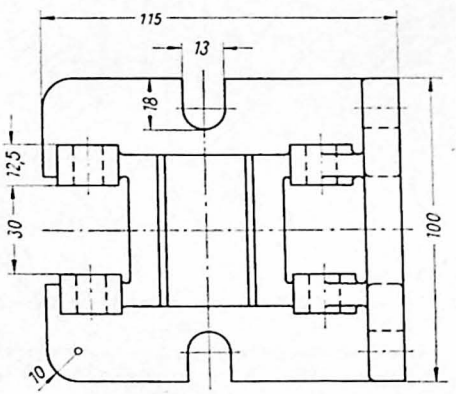


52.3 Sockel aus GG-12

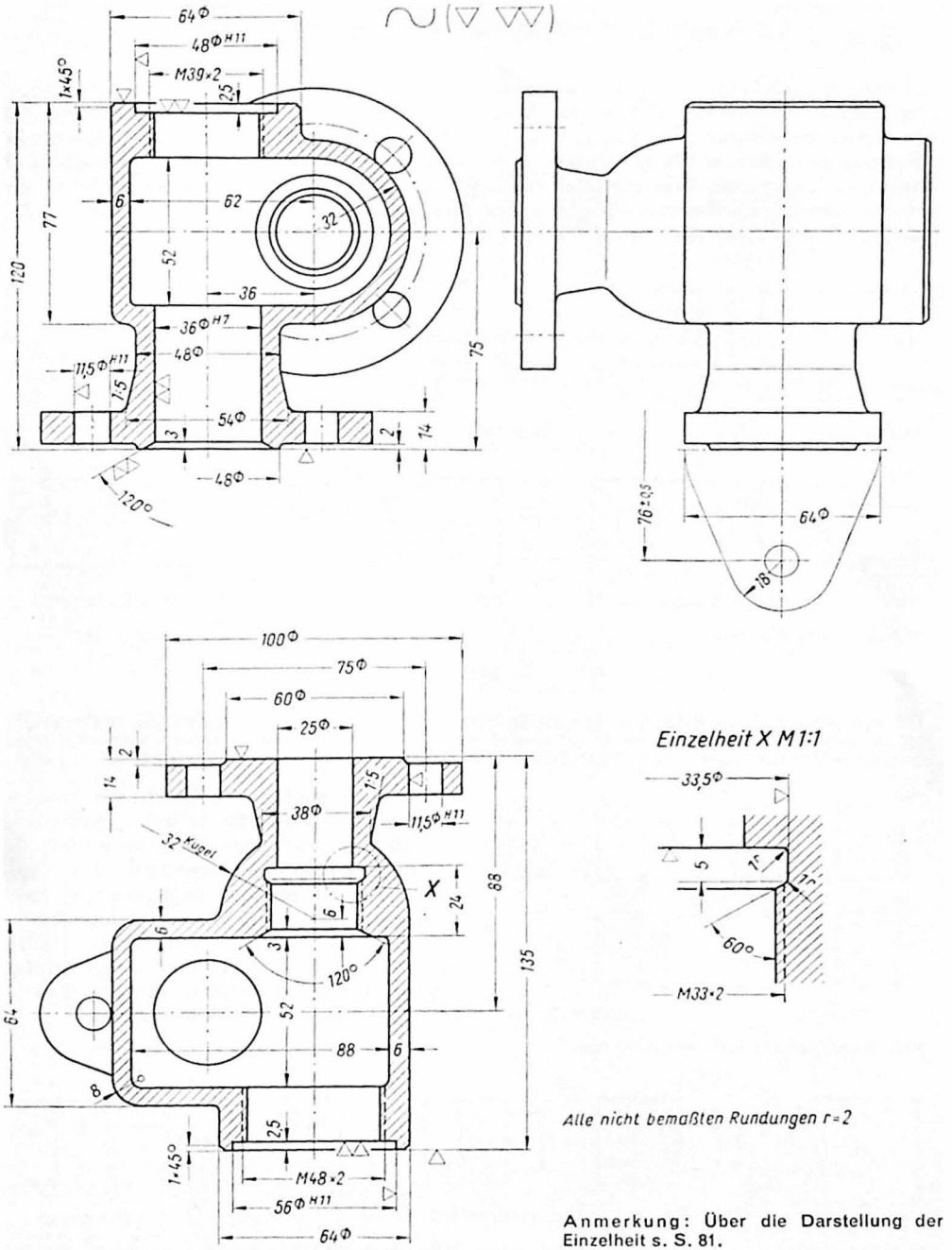




Alle nicht bemaßten Rundungen r=1



52.4 Unterteil eines Spannbocks aus GG-22 (Rohteil)



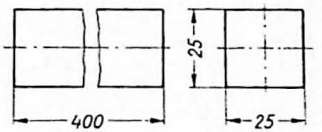
Alle nicht bemaßten Rundungen r=2

Anmerkung: Über die Darstellung der Einzelheit s. S. 81.

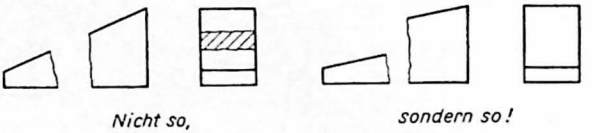
53.1 Ventilgehäuse aus GG-18 (M 1:2,5)

5.2 Bruchdarstellungen (DIN 6)

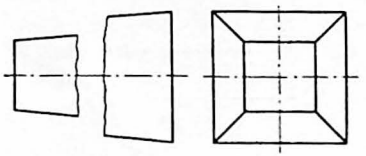
Lange, gleichförmige Werkstücke werden abgebrochen dargestellt. Bruchlinien für Metalle, Isolierstoffe, Steine usw. sind freihändig, nicht übertrieben unregelmäßig und so dünn wie Maßlinien zu ziehen (s. S. 57). Der Bruch prismatischer Querschnitte (**54.1**) sowie pyramidischer Körper (**54.3**) wird durch einfache Freihandlinien angegeben, dagegen sind Bruchlinien an runden Querschnitten Freihandlinien in Schleifenform (**54.4**). In Bauzeichnungen können als Bruchlinien auch dünne Strichpunktlinien verwendet werden (**64.2**). Die Neigung keilförmiger Werkstücke bleibt in Bruchdarstellungen unverändert (**54.2**).



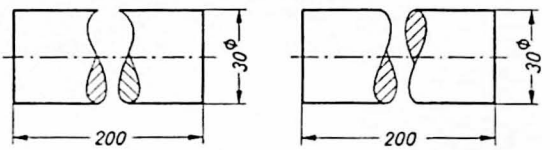
54.1 Stange



54.2 Keil

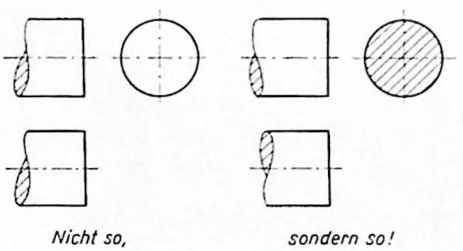


54.3 Pyramidisches Werkstück



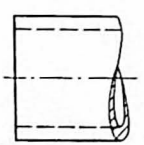
54.4 Stange runden Querschnitts

Die Bruchflächen liegen auf entgegengesetzten Seiten der Mittellinie und erhalten gleiche Schraffur (**54.4**). Ist die Schleifenlinie einer runden Bruchfläche in zwei Ansichten zu zeichnen, wird sie auf verschiedenen Seiten der Mittellinien angebracht (**54.5**). Die unverdeckte Bruchfläche in der Seitenansicht erhält Schraffur.

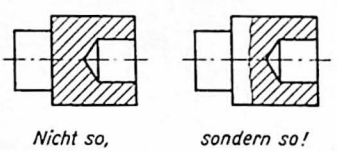


54.5 Bruchfläche in mehreren Ansichten

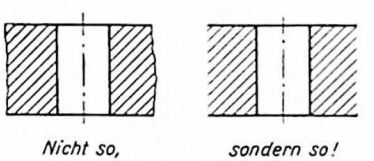
Bei einem hohlen Werkstück mit rundem Querschnitt wird die Bruchfläche gewöhnlich durch zwei ineinander übergehende Schleifenlinien (**54.6**) gekennzeichnet. Ein Ausbruch zur Freilegung eines Hohlraumes muß durch eine Bruchlinie begrenzt werden (**54.7**), die aber mit einer benachbarten Körperkante nicht zusammenfallen darf. An unvollständig dargestellten Schnittflächen können Bruchlinien fortgelassen werden (**54.8**).



54.6 Abgebrochen dargestelltes Rohrende

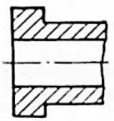


54.7 Ausbruch eines hohlen Teils

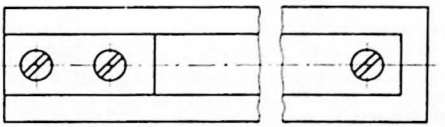


54.8 Abgebrochen dargestellte Schnittfläche

Verläuft aber ein Bruch sowohl durch eine schraffierte als auch durch eine unschraffierte Fläche, dann ist eine beiden gemeinsame Bruchlinie erforderlich (55.1). Der Bruch zusammengehörig gezeichneter Teile wird nach Bild 55.2 dargestellt. Holz kann eine freihändig gezogene Zickzacklinie in Maßliniendicke erhalten (55.3).



55.1 Bruchbegrenzung

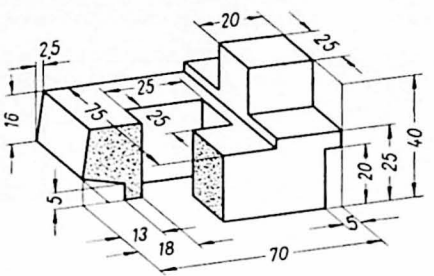


55.2 Bruch zusammengehöriger Werkstücke

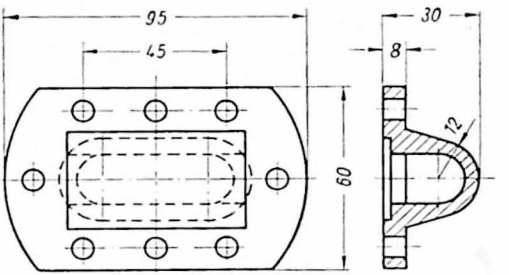
55.3 Bruchdarstellung für Holz

Übungen

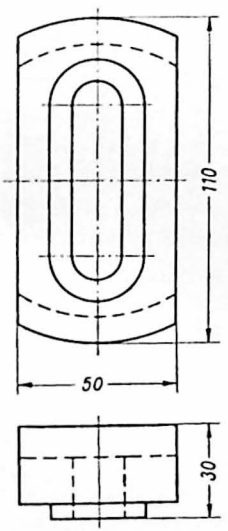
1. Zeichne den Untersatz (55.4) in Vorderansicht (Schnitt), Draufsicht und Seitenansicht und trage die Maße ein.
2. Das Bild 55.5 ist im Uhrzeigersinne um 90° zu drehen. Zeichne dazu im Schnitt die Seitenansicht und bemaße. Fehlende Maße sind zu ergänzen.



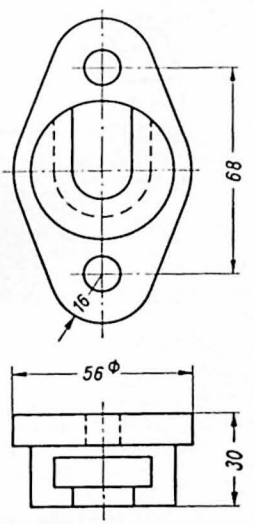
55.4 Untersatz aus GG-18



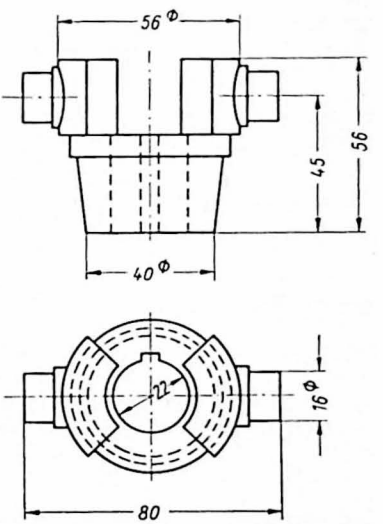
55.5 Schauglashalter aus G-Ms 67



55.6 Traverse aus G-Ms 67

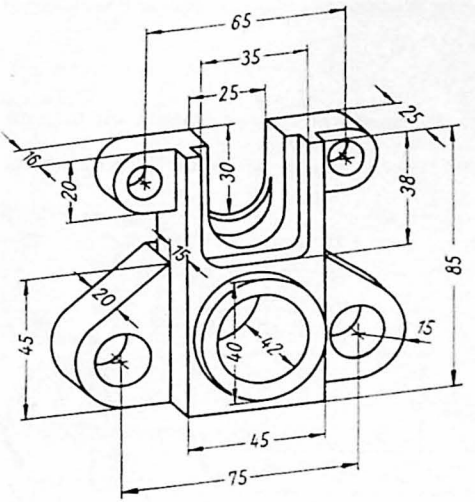


55.7 Spindellager aus GG-22

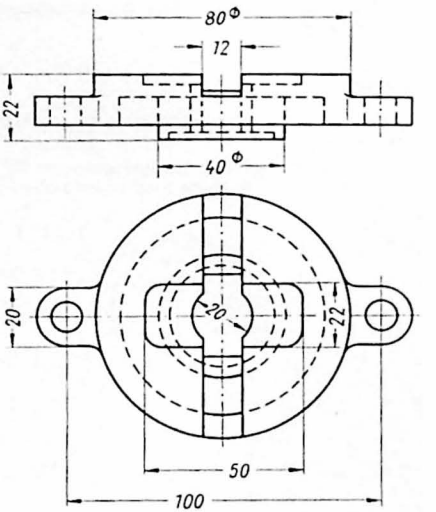


55.8 Kupplungsklaue aus GG-22

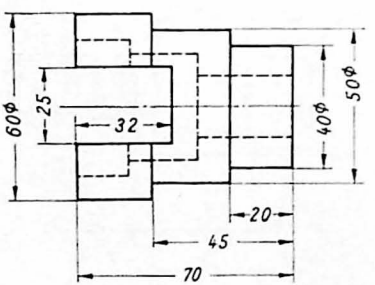
3. Zeichne die Traverse (55.6) in drei Ansichten, zwei davon im Schnitt, und ergänze die fehlenden Maße.
4. Zeichne die Werkstücke (55.7, 55.8 u. 56.1) in drei Ansichten, die Seitenansicht im Schnitt, und trage alle zur Herstellung nötigen Maße ein.
5. Zeichne die Steuerhülse (56.3) in den üblichen drei Ansichten, zwei davon im Schnitt. Fehlende Maße sind selbst zu wählen.
6. Zeichne die Führung (56.4), die im Maßstab 1 : 5 dargestellt ist, in drei Ansichten. Es sind einige Kanten zu ergänzen und das dritte Bild im Schnitt darzustellen.
7. Der Gegenhalter (56.2) ist als Vorderansicht und als Untersicht gezeichnet (s. S. 67). Die Vorderansicht ist um 90° im Uhrzeigersinne zu drehen, und dazu sind im Schnitt die Draufsicht und die Seitenansicht zu zeichnen. Fehlende Maße sind zu ergänzen.



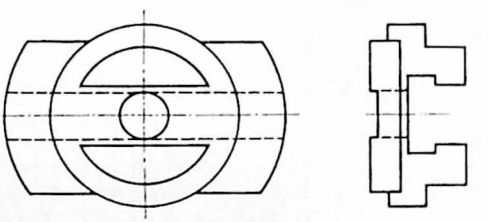
56.1 Halter aus GG-18



56.2 Gegenhalter aus G-Ms 67



56.3 Steuerhülse aus Rg 5



56.4 Führung aus GS-38

6 Weitere Zeichenregeln

6.01 Liniengruppen und Linienarten (DIN 15)

In der folgenden Übersicht sind die bereits erwähnten Beispiele über die Verwendung der Linien zusammengefaßt und durch weitere Angaben ergänzt:

Man unterscheidet die vier Liniengruppen 1,2 0,8 0,5 und 0,3 (**58.1**). Innerhalb jeder Liniengruppe gibt es 6 Linienarten mit teilweise unterschiedlichen Strichdicken. Die zu wählende Liniengruppe richtet sich nach Größe und Kompliziertheit einer Zeichnung ohne Rücksicht auf die darin angewandten Zeichnungsmaßstäbe.

Einfache und größere Darstellungen erfordern also dickere Linien als kleinere und komplizierte. Die Linien sind dem Charakter einer Zeichnung gut anzupassen und in den Dicken einwandfrei zu unterscheiden.

Die Liniengruppe 1,2 kommt nur für Tuschezeichnungen, alle anderen kommen sowohl für Tusche- als auch für Bleireinzeichnungen in Betracht.

Teile aus durchsichtigen Werkstoffen werden ebenso dargestellt wie Werkstücke aus undurchsichtigen.

Es werden verwendet:

a) Vollinie (dick)
für unverdeckte (sichtbare) Körperkanten und Umrisse und für Schweißzeichen (S. 128)

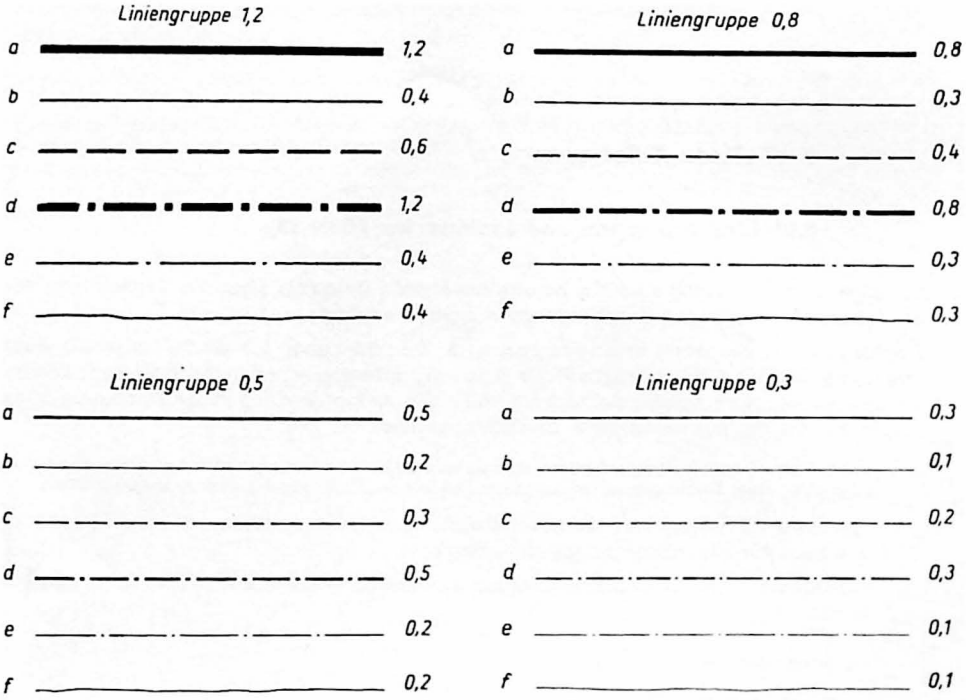
b) Vollinie (dünn)
für Maß- und Maßhilfslinien (**27.4**), Schraffuren (S. 47 u. 63), Oberflächenangaben ohne und mit Wortangabe (S. 64 u. f.), Bezugslinien (**196.1**), Diagonalkreuze (s. S. 29), Gewindebegrenzungslinien (**104.2**), Rändel und Kordel (S. 112), Umrisse benachbarter Teile (**221.3**), Biegelinien (**74.5**), Ausrundungen (**42.5**) und Querschnitte, die in die Zeichenebene eingedreht sind (**72.3**)

c) Strichlinie
für verdeckte (unsichtbare) Körperkanten und Umrisse, Fußkreise an Zahnrädern, Zahnstangen und Schnecken und zur Gewindedarstellung (S. 104)

d) Strichpunktlinie (dick)
mit kürzeren Strichen als unter e) für Schnittlinien zur Angabe von Schnittebenen (S. 49)

e) Strichpunktlinie (dünn)
für Mittellinien (S. 30), Lochkreise (**48.7**), Teilkreise von Zahnrädern (**139.3**), Werkstoffzugaben auf einer Fertigteilzeichnung (**73.5**) und sinngemäß zur Kennzeichnung des Fertigteils innerhalb einer Rohteilzeichnung, für Teile, die in (**196.1**) oder vor (**74.1**) dem gezeichneten Stück liegen, Grenzstellungen von Hebeln, Griffen, Kolben usw. (**73.3**), gestreckte Längen (**73.4**), zur Umgrenzung herausgezeichneter Einzelheiten (**81.1**), zur Begrenzung abgebrochener (**64.2**) und unterbrochener Darstellungen im Bauwesen und zur Andeutung des Werkzeugs (**73.6**) bei der Bemaßung

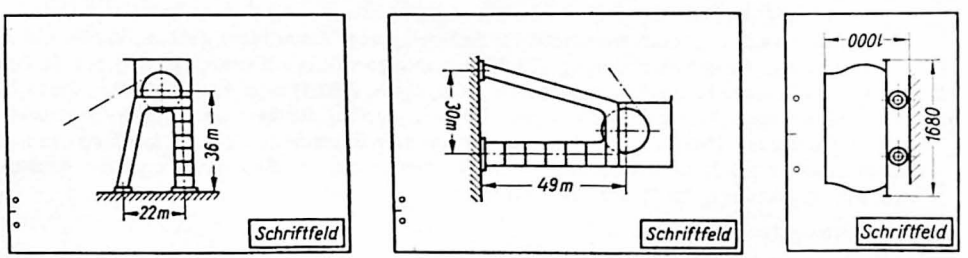
f) Freihandvollinie
für Bruchlinien bei Metallen, Isolierstoffen, Steinen usw. (S. 54) und Holz (**55.3**) und zur Kennzeichnung von Schnittflächen bei Holz (S. 63)



58.1 Liniengruppen und Linienarten

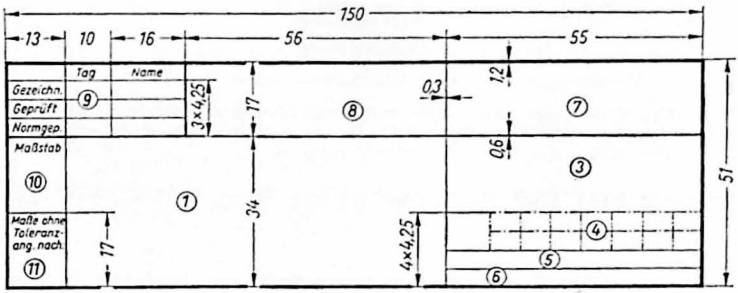
6.02 Schriftfeld und Stückliste

Schriftfeld und Stückliste dienen zur Aufnahme schriftlicher Angaben und werden in je 5 mm Abstand von den Blattkanten (**17.3**) so angebracht, daß sie sich nach dem Falten der Zeichnung auf DIN A 4 und Einlegen in den Hefter (**225.1** e) in der unteren rechten Ecke obenaufliegend befinden und daß die Beschriftung in Leserichtung steht. Die Hauptlage der Zeichnung (s. S. 27) ist dabei ohne Belang (**58.2**). Ergibt sich aber eine ungünstige Lage der Darstellung auf dem Zeichenbogen, wie etwa im mittleren und im rechten Bild **58.2**, dann ist zu prüfen, ob mit der Hochlage des Zeichenbogens oder auf einem größeren Format bessere Lösungen zustande kommen.



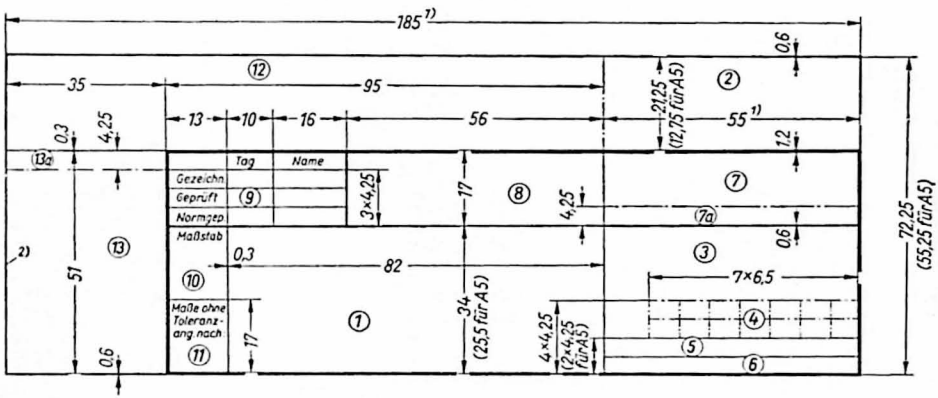
58.2 Anordnungen des Schriftfeldes

Schriftfelder nach DIN 6782. Zeichnungen, auf denen spätere Änderungen nicht vorgenommen werden, erhalten das Schriftfeld K 1 (**59.1**).



59.1 Schriftfeld K 1 für DIN A 4 und größer (A 5 hat ein kleineres Schriftfeld)

Zeichnungen dagegen, die den üblichen Änderungen unterliegen, tragen das Schriftfeld K 2 und in Ausnahmefällen (Lokomotivbau) das Schriftfeld K 3 (**59.2**).



1) Wird eine verbreiterte Stückliste auf das Schriftfeld gesetzt (**60.2**), so sind die Maße 185 und 55 entsprechend zu vergrößern.

2) Diese Linie ist bei Anwendung eines Schriftfeldes mit aufgesetzter Stückliste dünn.

59.2 Schriftfeld K 2 (ohne die abgeteilten Felder 2, 4, 7a und 13a) und K 3 (mit diesen Feldern) für alle Blattgrößen

Erläuterungen zu den Schriftfeldern K 1, K 2 und K 3

Feld 1 erhält eine allgemeingültige, möglichst nach der Bauform (z. B. „Blattfeder") und nicht nach der Zweckbestimmung (z. B. „Andruckfeder") gebildete oder die genormte Bezeichnung des Gegenstandes.

Felder 2 und 3. Die Zeichnungsnummer der aufstellenden Firma steht in Feld 3.
Will ein Auftraggeber die Zeichnung auch selbst benutzen, so wird seine Zeichnungsnummer in Feld 3 und die der herstellenden Firma in das dafür von Feld 12 abgeteilte Feld 2 eingesetzt.

Feld 4 wird nur ausnahmsweise (Lokomotivbau) gebildet, siehe DIN 6782.

Felder 5 und 6. Nach Bedarf werden in Feld 5 „Ersatz für" und in Feld 6 die Nummer der Ursprungszeichnung eingetragen. Wird Feld 6 zusätzlich zu Feld 5 für Ersatzangaben benötigt, so steht die Angabe des Ursprungs unten in Feld 1.

Feld 7 trägt Namen und Unterschrift der herstellenden Firma. Wird die Zeichnung Eigentum einer Firmengemeinschaft, dann wird Feld 7a zu deren Eintragung abgeteilt.

Feld 8. Ist die Zeichnung für einen dritten Auftraggeber aufgestellt worden, so trägt es dessen Namen und Unterschrift, sonst Werkstoffangaben (s. S. 62), den Urheberschutzvermerk oder andere Angaben.

Feld 9 nimmt Daten und Unterschriften der Bearbeiter auf.

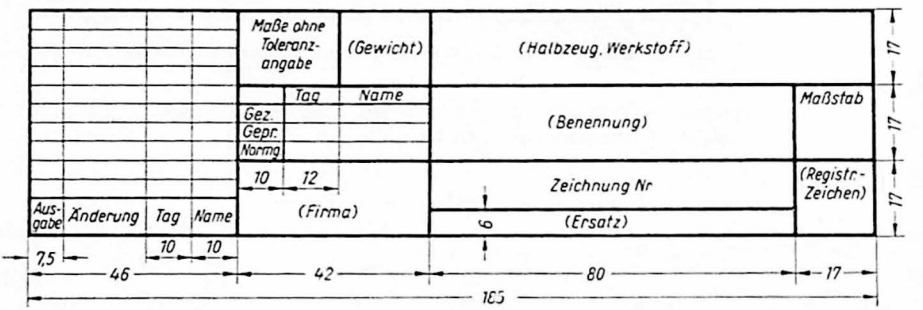
Feld 10 dient zur Eintragung des Zeichnungsmaßstabes (s. S. 22).

Feld 11 trägt einen Vermerk für nicht tolerierte Maße (s. S. 100).

Feld 12 ist für Änderungsangaben nach Belieben vorgesehen (s. S. 89).

Feld 13 erhält Eintragungen, wie Verwendungsbereich des Dargestellten, Paßmaß (s. S. 100), Angabe der getrennten Stückliste mit Nummer und Blattzahl, wenn nötig mit Kopfleiste 13a. Bei Platzmangel steht die Angabe der Stückliste unmittelbar über dem Schriftfeld.

Schriftfelder nach DIN 6771 haben für alle Blattgrößen einheitliche Abmessungen und gleiche Aufteilung (**60.1**).

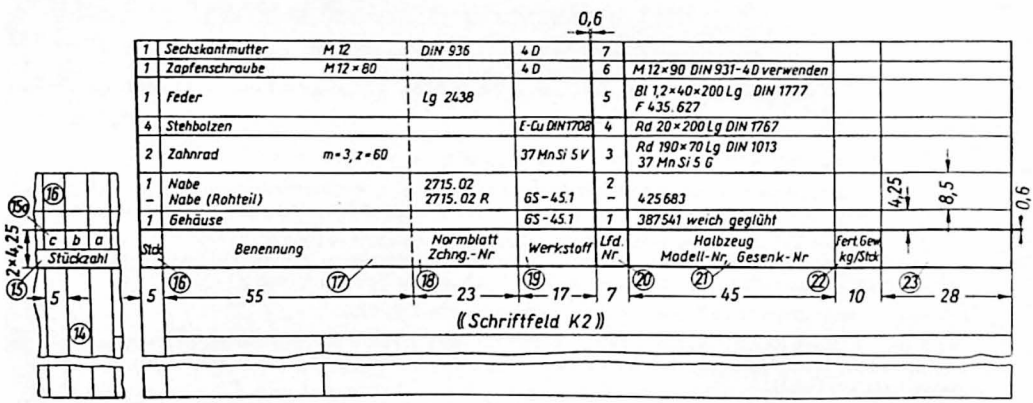


60.1 Schriftfeld nach DIN 6771

Die Eintragungen in die einzelnen Felder entsprechen im großen und ganzen den Vermerken in den Schriftfeldern nach DIN 6782 (s. S. 59). Das Gewicht des Rohteils oder des Halbzeugs wird in ein besonderes Feld (Gewicht) gesetzt, das außerdem auch das Gewicht des Fertigteils aufnehmen kann. Erübrigen sich diese Angaben, so ist das Feld frei für Unterschriften leitender Personen und andere Eintragungen.

Für Projekt-, Angebots-, Schalt- oder ähnliche Zeichnungen können je nach Bedarf die Felder für Halbzeug, Werkstoff, Gewicht, Maße ohne Toleranzangaben und Änderungen fortfallen.

Stücklisten nach DIN 6783. Zeichnungen, auf denen mehrere Einzelteile untergebracht sind, erhalten eine auf das Schriftfeld gesetzte Stückliste (**60.2**).



60.2 Stückliste S 1 (auf Schriftfeld K 2 aufgesetzt)

In der Stückliste werden alle zu einer Baueinheit gehörenden Werkstücke aufgeführt. Reicht sie zur Unterbringung nicht aus, wird sie von der Zeichnung getrennt mit oben angeordneter Kopfleiste aufgestellt. Die Eintragung beginnt bei aufgesetzten Stücklisten in der untersten und bei besonderen Stücklisten in der obersten Spalte. Die Höhe der aufgesetzten Stückliste ist vom Zeilenbedarf abhängig.

Erläuterungen zur Stückliste S 1

Feld 14. Die Spalten nehmen Angaben über Bauart (Typ) des Erzeugnisses auf.

Feld 15a ist für die Kennzeichnung der Stückzahlspalten mit Buchstaben oder Zahlen vorgesehen.

Feld 16 trägt die Stückzahlen für jedes Teil einer Einheit.

Feld 17. Die Benennungen werden sinngemäß wie die für Feld 1 (s. S. 59) gewählt und immer in der Einzahl ausgeschrieben, eventuell mit dahinterstehenden Fertigmaßen. Dazu gehören im Stahlbau die Abmessungen des Halbzeugs, aus dem sich eine Konstruktion zusammensetzt und auf deren Angabe dann in Feld 21 verzichtet wird.

Feld 18 erhält die Normblattnummern der Normteile, nicht aber die der Werkstoffe und Halbzeuge, und gegebenenfalls darunter die Zeichnungsnummern der gesondert dargestellten Teile.

Feld 19 nimmt die genormten bzw. die handelsüblichen Werkstoffbezeichnungen auf.

Feld 20. Rohteile erhalten keine laufenden Nummern, sofern sie im Anschluß an ihre Fertigteile aufgeführt sind (Lfd. Nr. 2).

Feld 21. Der Werkstoff wird nur dann eingeschrieben, wenn sich sein Zustand der Anlieferung von dem in Feld 19 angegebenen Funktionszustand unterscheidet (Lfd. Nr. 3). Feld 21 nimmt auch Vermerke über Ausgangsteile auf (Lfd. Nr. 6). Sind zwei verschiedene Zeichnungsnummern für dasselbe Teil nötig, dann trägt die des Ausstellers Feld 18 und die andere Feld 21 (Lfd. Nr. 5).

Feld 22 ist für die Angabe des Fertiggewichts in kg für 1 Stück vorgesehen.

Feld 23 kann zugunsten des Heftrandes 5 mm schmaler sein und beliebige Eintragungen erhalten.

Stücklisten nach DIN 6771 sind auf das Schriftfeld aufgesetzt oder auf einem oder mehreren Bogen DIN A 4 untergebracht.

Die Muster und Erläuterungen sind in DIN 6771 enthalten.

6.03 Zeichnungsvordrucke und Kantenschutz

Zeichnungsvordrucke (DIN 6781 und 6771) ersparen das Aufzeichnen des Schriftfeldes, der Stückliste, der Randlinien und andere zeitraubende Nebenarbeiten und sind für alle Blattgrößen zulässig. Die genormten Formate, Schriftfelder und Stücklisten, die Schrift und die Umrandung geben den Vordrucken ein einheitliches Aussehen.

Der Aufdruck wird meist als Spiegelbild auf der Rückseite des lichtdurchlässigen Zeichenbogens angebracht. Er liegt daher beim Pausen (s. S. 221) unmittelbar auf der lichtempfindlichen Schicht und wird somit auf der Lichtpause in scharfen Umrissen wiedergegeben. Gewöhnlich werden in die Vordrucke auch Firmennamen und andere häufig vorkommende Angaben aufgenommen.

Die Vordrucke nach DIN 6771 haben ein Schriftfeld ohne Stückliste und die nach DIN 6781 ein Schriftfeld ohne oder mit aufgesetzter Stückliste (60.2) und unterschiedliche Feldteilungen.

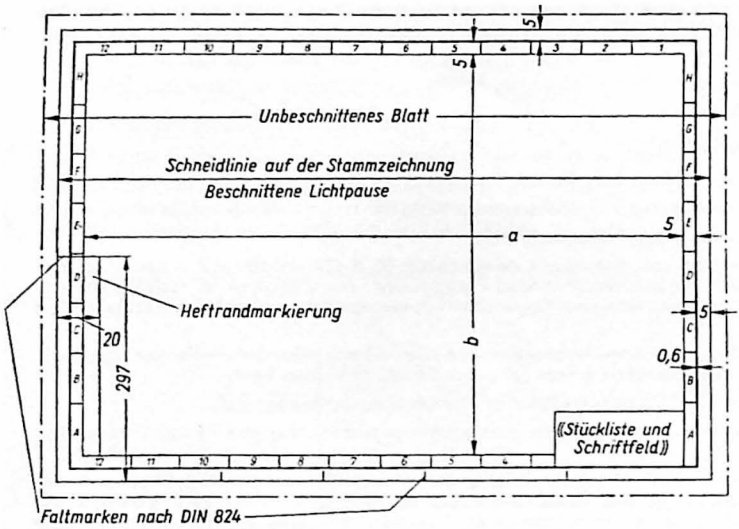
Feldeinteilungen (Planquadrate) nach DIN 6781

Teilung		Blattgrößen	A 0	A 1	A 2	A 3	A 4
Zahl der unter sich gleichen Felder	*a*	waagerecht	16	12	8	8	4
	b	senkrecht	12	8	6	6	4

Ein unbeschnittener Zeichnungsvordruck nach DIN 6781 aus Klarpapier 85 g/m² in der Blattgröße A 2 mit Schriftfeld K 2, Stückliste S 1 (60.2) und Feldeinteilung wird benannt

Zeichnungsvordruck A2 K2 S1 DIN 6781 Klarpapier 85 g/m²

Auf dem Format DIN A 5 soll ein Schriftfeld mit Stückliste vermieden werden.

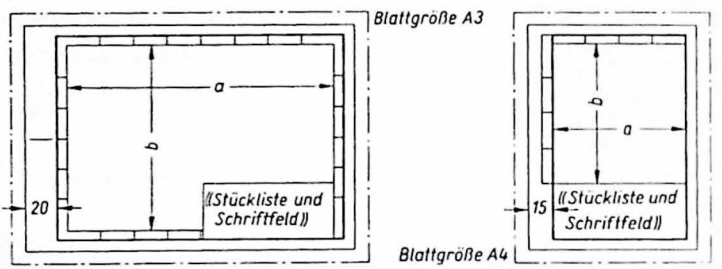


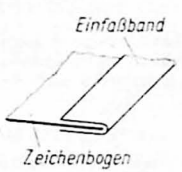
Blattgröße A2 und größer. Das Bild stellt die Blattgröße A1 dar.

62.1 Zeichnungsvordrucke DIN 6781

Die waagerechten Teilungen erhalten arabische Zahlen, die senkrechten Großbuchstaben. Eine bestimmte Stelle der Blattfläche wird mithin durch einen Buchstaben und dahinterstehende Zahl gekennzeichnet, z. B. „D5". Die Feldeinteilungen nach DIN 6781 werden von rechts nach links mit 1 und von unten nach oben mit A beginnend gekennzeichnet und sind für die einzelnen Blattgrößen in der Tafel auf Seite 61 zusammengefaßt. Die Teilungen nach DIN 6771 weichen nur unwesentlich hiervon ab.

Um Verstößen gegen das gesetzliche Urheberrecht vorzubeugen, kann die Zeichnung mit einem Vermerk (DIN 34) versehen werden, wie etwa:
„Für diese Zeichnung bestehen Urheberschutzrechte."





62.2 Kantenschutz

Kantenschutz gegen Einreißen lichtdurchlässiger Stammzeichnungen (**62.2**) besteht aus gummiertem Papier- oder Gewebestreifen, der geknifft beiderseits der Blattkanten maschinell festgeklebt wird. Häufig wird hierzu auch ein farbloser, durchsichtiger oder ein farbiger Klebestreifen aus Kunststoff verwendet.

Um die Schneidlinie für die Lichtpause durch den Kantenschutz nicht zu verdecken, hält man die Stammzeichnungen an allen vier Bogenseiten größer. Das gilt auch für Zeichnungen ohne Einfassung, weil sonst die Schneidlinie mit der Blattkante zusammenfällt. Bei kleineren Formaten wird auf den Kantenschutz meist verzichtet.

6.04 Werkstoffangaben

Stoffnormen. Zahlreiche metallische Werkstoffe und ihre Bezeichnungen sind genormt. Die Normblätter enthalten außer den Kurzzeichen Angaben über Zusammensetzung, Festigkeitseigenschaften, äußere Beschaffenheit und Vorschriften über Prüfung und Abnahme.

Formnormen. Zur Weiterverarbeitung aber werden gewalzte, gepreßte und gezogene Werkstoffe in verschiedenen Formen und Größen gebraucht. Diese sind in anderen Normblättern niedergelegt, ebenfalls die hierfür gültigen Kurzzeichen.

Eine Zusammenfassung aller wichtigen Normblätter über Stahl, Eisen und Nichteisenmetalle bieten die vom DNA herausgegebenen Taschenbücher 4 A „Werkstoffnormen Stahl und Eisen" und 4 B „Werkstoffnormen Nichteisenmetalle"; auch sei hier auf die „Einführung in die DIN-Normen" hingewiesen.

Kennzeichnung

Der Werkstoff für das herzustellende Teil muß aus der Zeichnung einwandfrei hervorgehen; die zusätzliche Angabe des Halbzeugs ist sehr empfehlenswert. Das geschieht durch Eintragen der Kurzzeichen für den Werkstoff, den Querschnitt und die Länge in das Schriftfeld oder in die Stückliste, z. B.

$$\phi\,10 \times 30 \text{ DIN } 1013 - 9 \text{ S } 20$$

Diese Bezeichnung besagt, daß warmgewalzter Rundstahl 10^{ϕ}, 30 lang, nach DIN 1013 aus Schnellautomaten-Weichstahl 9 S 20 mit ≈ 0,09 % Kohlenstoff und ≈ 0,20 % Schwefel nötig ist.

$$\square\ 10 \times 4 \times 90 \text{ DIN } 1769 - \text{Al Mg } 5 \text{ F } 25$$

bedeutet: Gezogene Flachstange 10 breit, 4 dick, 90 lang, nach DIN 1769 aus Al Mg 5 (Aluminium-Knetlegierung mit ≈ 5 % Magnesiumgehalt), Mindestzugfestigkeit 25 kp/mm²

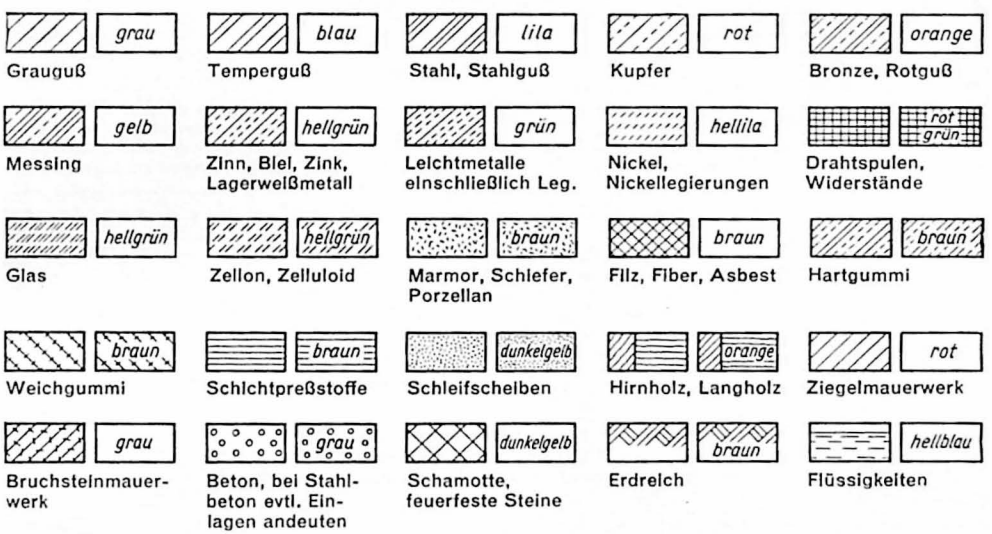
$$2\,\text{L } 80 \times 10 \times 60 \text{ Lg DIN } 1028 - \text{St } 37^{1})$$

bedeutet: 2 gleichschenklige Winkelstähle mit 80 mm Schenkellänge und 10 mm Schenkeldicke, je 60 lang, nach DIN 1028 aus warmgewalztem Flußstahl mit 37 kp/mm² Mindestzugfestigkeit

Kurzzeichen für Profile, Stangen, Bleche, Bänder und ähnliches s. DIN 1353.

6.05 Schraffuren und Farben zur Kennzeichnung der Werkstoffe (DIN 201)

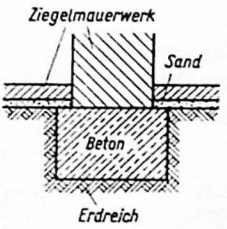
Metallische Werkstoffe sind durch die in das Schriftfeld aufgenommenen Werkstoffkurzzeichen eindeutig bestimmt und bedürfen im allgemeinen keiner weiteren Kennzeichnung. Ist es aber notwendig, dann können folgende Schraffuren und Farben vorgesehen werden:



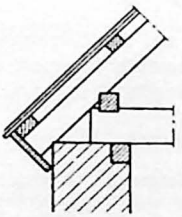
Die Abstände der Schraffurlinien, Punkte, Kreise, Kreuze usw. sind der Größe der zu kennzeichnenden Fläche anzupassen.

1) Lg kann der Längenangabe hinzugesetzt werden, muß aber erscheinen, wenn es sich um eine Länge handelt, die nicht schon durch die Größe der Zahl als Länge erkennbar ist.

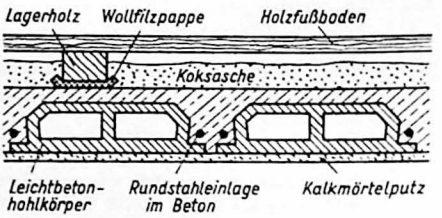
Beispiele für vielfach übliche Kennzeichnungen der Werkstoffe im Baugewerbe zeigen die Bilder **64.1** bis 3.



64.1 Grundmauerwerk



64.2 Dachtraufe



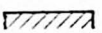
64.3 Stahlbeton-Rippendecke

6.06 Oberflächenangaben

Aus der Darstellung eines Werkstücks muß die Beschaffenheit der Werkstückoberflächen hervorgehen. Hierfür bestehen folgende Möglichkeiten:

6.061 Kennzeichnung der Oberflächen nach DIN 140

Oberflächenzeichen dienen zur Kennzeichnung der Oberflächen, die durch spanlose oder spangebende Bearbeitung entstehen.

 kein Oberflächenzeichen	Oberflächen, an deren Gleichförmigkeit und Glätte Ansprüche gestellt werden, wie sie durch die üblichen spanlosen Herstellungsverfahren erfüllt werden können (Walzen, Schmieden, Ziehen, Pressen, Brennschneiden, Gießen usw.).
Ungefährzeichen	Oberflächen, an deren Gleichförmigkeit und Glätte Ansprüche gestellt werden, wie sie durch sorgfältigere spanlose Herstellungsverfahren erreicht werden können (sauber schmieden, im Gesenk glätten, sauber gießen, sauber brennschneiden). Nur wenn diese Ansprüche nicht erfüllt sind, sind solche Flächen zu überarbeiten.
1 Dreieck	Oberflächen von einer Gleichförmigkeit und Glätte, wie sie z. B. durch ein- oder mehrmalige spanabnehmende Schruppbearbeitung erzielt werden können. Riefen (vom Werkzeug herrührende Merkmale) dürfen fühlbar und mit bloßem Auge deutlich sichtbar sein.
2 Dreiecke	Oberflächen von einer Gleichförmigkeit und Glätte, wie sie z. B. durch ein- oder mehrmalige spanabnehmende Schlichtbearbeitung erzielt werden können. Riefen dürfen mit bloßem Augen noch sichtbar sein.
3 Dreiecke	Oberflächen von einer Gleichförmigkeit und Glätte, wie sie z. B. durch ein- oder mehrmalige spanabnehmende Feinschlichtbearbeitung erzielt werden können. Riefen dürfen mit bloßem Auge nicht mehr sichtbar sein.

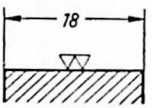
Über die Größe der Bearbeitungszugaben sagen die Oberflächenzeichen nichts aus. Sie kann in Rohteilzeichnungen (S. 193), in Vorschriften der Werkstatt oder in Werknormen festgelegt werden.

Oberflächenzeichen geben den Zustand der fertig bearbeiteten Oberflächen an und schreiben nicht die Fertigungsverfahren vor. Deren Wahl bleibt stets dem Betrieb überlassen. So kann

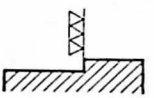
z. B. eine mit einem Dreieck gekennzeichnete Oberfläche durch Schruppen mit der Feile, durch Schruppen auf der Drehbank, durch Schruppen auf der Fräsmaschine oder je nach der betrieblichen Möglichkeit auch durch ein anderes Verfahren entstehen.

Die Dreiecke sind Sinnbilder der keilförmigen Werkzeugschneiden und werden in der Zeichnung wie die Werkzeuge bei der Bearbeitung von außen an die Flächen gesetzt. Sie sind gleichseitig, so hoch wie die Maßzahlen und an dem 30°/60°-Zeichendreieck oder mit der Zeichenmaschine in der Dicke der Maßlinien zu ziehen (65.1). Bei Platzmangel werden die Oberflächenzeichen auf eine Hilfslinie gesetzt, die zugleich Maßhilfslinie sein kann (65.2).

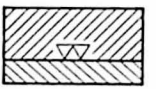
Sind Oberflächenzeichen innerhalb einer schraffierten Fläche unterzubringen, so fallen die Schraffurlinien an dieser Stelle fort (65.3). Oberflächenzeichen an Strichlinien werden wie üblich gezogen und nicht etwa gestrichelt (65.4). Die den aufsitzenden Spitzen gegenüberliegenden Seiten der Dreiecke an Kreislinien bilden eine gerade Linie (65.5). Geringe Unterschiede in den Dreieckshöhen ergeben sich hierbei zwangsläufig und sind ohne Belang.



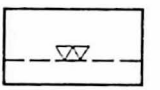
65.1 Höhe der Oberflächenzeichen



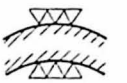
65.2 Oberflächenzeichen auf Hilfslinie



65.3 Unterbrochene Schraffur

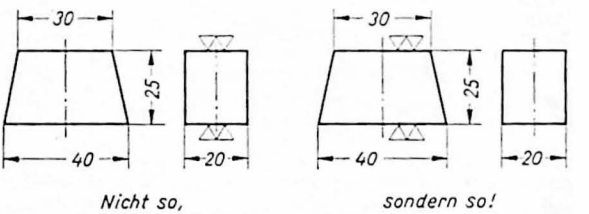


65.4 Oberflächenzeichen nicht stricheln

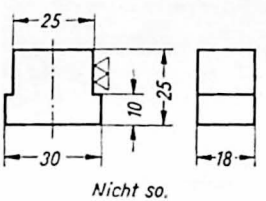


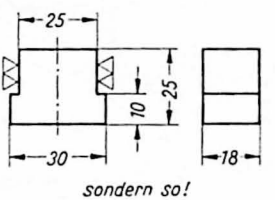
65.5 Oberflächenzeichen an Kreislinien

Oberflächenzeichen müssen in die Ansicht gesetzt werden, in der die betreffende Fläche bemaßt ist (65.6). Jede der in den Hälften symmetrischer Darstellungen gleichliegenden Flächen trägt bei gleicher Oberflächenbeschaffenheit ein Oberflächenzeichen (65.7).

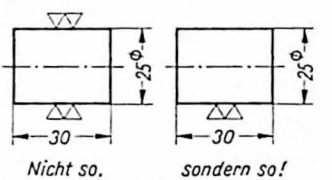


65.6 Oberflächenzeichen und Maße gehören zusammen

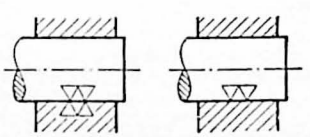




65.7 Oberflächenzeichen für symmetrisch liegende Flächen gleicher Beschaffenheit



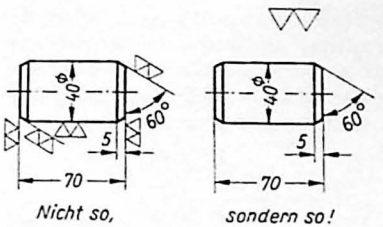
65.8 Oberflächenzeichen für eine Mantelfläche



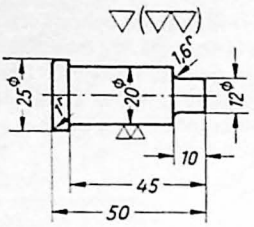
Die Mantelfläche eines Drehkörpers erhält das Oberflächenzeichen aber nur einmal (65.8). Zusammengehörende Paß- und Gleitflächen mit gleicher Oberflächengüte erhalten in Zusammenstellungszeichnungen das Oberflächenzeichen ebenfalls nur einmal (65.9). Bei gleicher Beschaffenheit aller

65.9 Oberflächenzeichen für zusammengesetzt gezeichnete Werkstücke

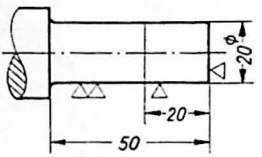
Oberflächen eines Werkstücks ist das Oberflächenzeichen neben das Zeichnungsbild zu setzen (66.1). Tritt aber eine gewisse Oberflächenbeschaffenheit überwiegend auf, eine andere dagegen seltener, so wird das Hauptoberflächenzeichen neben die Darstellung gesetzt und das ausnahmsweise vorkommende dahinter in eine Klammer und außerdem an die betreffende Fläche (66.2). Die herausgezogenen Oberflächenzeichen können ungefähr $1^1/_2$fache Größe haben und stehen mit der etwa vorhandenen Teilnummer auf gleicher Zeile (195.1) Bezieht sich eine bestimmte Oberflächenbeschaffenheit nur auf einen Teil einer Oberfläche, so wird der Geltungsbereich des Oberflächenzeichens durch ein Maß festgelegt (66.3).



66.1 Allseitig gleiche Oberflächengüte



66.2 Verschiedene Oberflächengüte



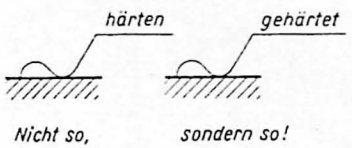
66.3 Bemaßter Bereich für eine Oberflächengüte

Wortangaben ohne oder in Verbindung mit Oberflächenzeichen dienen zur Kennzeichnung sonderbearbeiteter und sonderbehandelter Oberflächen.

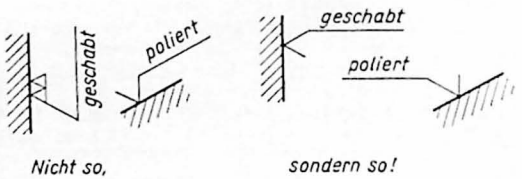
Sonderbearbeitungen sind Schaben, Polieren, Einschleifen, Läppen, Honen u. a. Sonderbehandlungen erfolgen zur Änderung der Werkstoffeigenschaften durch Glühen, Härten usw. und zum Schutze und Verschönern der Oberflächen durch Vernickeln, Verkadmen, Anstreichen, Ätzen usw.

Es wird stets der Zustand der fertigen Oberfläche durch das Mittelwort der Vergangenheit ausgedrückt. Es heißt also beispielsweise „gehärtet" und nicht „härten" (66.4). Für Rändel und Kordel gelten Ausnahmen (s. S. 112).

Die Wortangaben stehen im Hinblick auf die Hauptlage des Zeichenbogens stets in Leserichtung und auf einem Bezugsstrich (66.5). Er wird in der Dicke der Maßlinien gezogen und mit einem Haken versehen oder an etwa vorhandene Oberflächenzeichen angesetzt.



66.4 Gewählt wird das Mittelwort der Vergangenheit



66.5 Das Kennwort steht stets in der Leserichtung

Sonderbehandlungen und -bearbeitungen, die mit der Herstellung des durch die Wortangabe gewünschten Endzustandes einer Oberfläche zwangsläufig zusammenhängen, werden nicht angegeben, z. B. das Säubern einer Fläche vor und das Abwaschen nach dem Vernickeln. Gehen aber erforderliche Nebenarbeiten nicht ohne weiteres aus der Wortangabe hervor, so sind diese mit aufzunehmen, z. B. „gespachtelt und grau gestrichen".

Bezugshaken mit Wortgaben können auch angewendet werden zur Angabe von Erläuterungen, wie: weich gelötet, verstemmt, beim Zusammenbau gebohrt, mit Teil 2 genietet usw.

Oberflächenangaben für keramische Werkstücke s. DIN 140 Bl. 7.

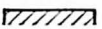
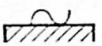
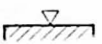
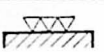
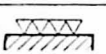
Oberflächenangaben für Gewinde, Schrauben und Muttern s. S. 109 und für Zahnräder Bild 139.3.

Kurzzeichen für galvanische Überzüge s. S. 82.

6.062 Kennzeichnung durch Zuordnung von Rauhtiefen (DIN 3141 Vornorm)

Für präzisere Fertigung reichen Oberflächenangaben nach DIN 140 nicht aus. Daher sind neben der Einführung eines weiteren Oberflächenzeichens, bestehend aus 4 Dreiecken, sog. Rauhtiefen, und zwar 4 Reihen, geschaffen und den Oberflächenzeichen zugeordnet worden (s. folgende Tafel). Über Rauhtiefe s. S. 68.

Oberflächenzeichen und Zuordnung der Rauhtiefen

Oberflächenzeichen	zulässige größte Rauhtiefe R_t in µm (1 µm = 0,001 mm) Reihe 1	2	3	4	Bedeutung
	beliebig				Oberflächen, an die keine bestimmten Anforderungen gestellt werden
	beliebig				Oberflächen, an die nur die Forderungen größerer Gleichmäßigkeit und besseren Aussehens gestellt werden
	160[1]	100	63	25	Oberflächen mit einer Rauheit, die die größte zulässige Rauhtiefe nicht überschreiten darf
	40	25	16	10	
	16	6,3	4	2,5	
	—	1	1	0,4	[1]) In Ausnahmefällen darf die Rauhtiefe bis 250 µm betragen.

Sind bei der Fertigung Rauhtiefen einzuhalten, dann muß die jeweils zugrunde gelegte Reihe im Schriftfeld oder darüber angegeben werden, z. B.

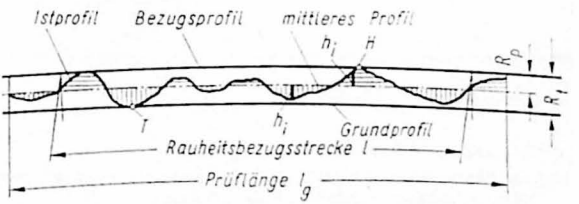
Oberflächen Reihe 2 DIN 3141

Das Nachprüfen der Rauhtiefen am Werkstück erfolgt meist durch Vergleiche mit Musteroberflächen (Vergleichsnormale).

6.063 Kennzeichnung durch Rauheitsmaße (DIN 3142)

Die Oberflächengüte kann durch Rauheitsmaße noch genauer vorgeschrieben werden, und zwar durch Angabe von Rauhtiefe, Glättungstiefe, Mittenrauhwert, Profiltraganteil und Flächentraganteil. Diese Bezeichnungen werden aus Schnittdarstellungen von Oberflächenprofilen verständlich (**67.1**).

Zuvor aber müssen die in diesem Bild angegebenen Profile erklärt werden.



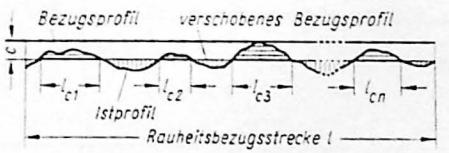
67.1 Lage der Profile

Das Istprofil ist die Gestalt der meßtechnisch erfaßbaren Oberfläche. Es hängt vom Meßverfahren ab und entspricht annähernd dem wirklichen Profil. Das Bezugsprofil ist eine dem Istprofil angepaßte, gerade oder krumme Linie, die das Istprofil im höchsten Punkte *H* berührt. Die durch den tiefsten Punkt *T* laufende Parallele zum Bezugsprofil heißt Grundprofil. Das mittlere Profil liegt parallel und so zwischen Grundprofil und Bezugsprofil, daß die Summe der darüberliegenden Werkstofffläche gleich der Summe der darunterliegenden ist.

Die Rauhtiefe R_t ist der in µm (1 µm = 1 Mikrometer = 0,001 mm) ausgedrückte Abstand des Grundprofils vom Bezugsprofil (**67.1**).

Der Mittenrauhwert R_a (in µm) ist der mittlere Wert der absoluten Größen der Abstände h_i des Istprofils vom mittleren Profil.

Die Glättungstiefe R_p (in µm) ist der Abstand des mittleren Profils vom Bezugsprofil.



68.1 Tragende Längen

Die tragende Länge l_t (in mm) ist die Summe der durch Verschiebung des Bezugsprofils um den Wert c aus dem Istprofil herausgeschnittenen Strecken l_{c1}, l_{c2} usw. (**68.1**).

Die Rauheitsbezugsstrecke l (in mm) ist die Länge des Profilausschnitts, also der Teil der Prüflänge l_p (**67.1**), auf den sich der Profiltraganteil t_p bezieht.

Der Profiltraganteil t_p wird in Prozenten der tragenden Länge l_t zur Rauheitsbezugsstrecke l ausgedrückt.

Beispiel

Bei $l_t = 20$ mm und $l = 50$ mm ist der Profiltraganteil $t_p = \frac{100 \cdot l_t}{l} = \frac{100 \cdot 20}{50} = 40\,\%$

Der Wert c (in µm) wird hinter das Kennzeichen t_p gesetzt, z. B. $t_{p\,0,25} = 40$.

In DIN 4761 sind Benennungen für den Oberflächencharakter und ihre zu den Rauheitsmaßen gehörenden Kurzzeichen bis ins einzelne genormt.

So bedeuten z. B.

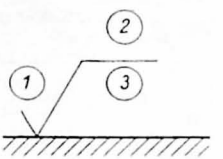
A1	muldiger Oberflächencharakter	B9	krumme, unregelmäßige Rillen
B1	gerade, parallele Rillen	P1	gleichmäßig dreieckige Rillen

Eintragung. Die Rauheitswerte, jedoch nur die unbedingt notwendigen, werden jeweils an die mit 1 bis 3 bezeichneten Stellen eines ausreichend großen Bezugshakens gesetzt (**68.2**), und zwar an die Stelle

1 der arithmetische Mittenrauhwert R_a nach DIN 4762, ausnahmsweise mit Maßeinheit

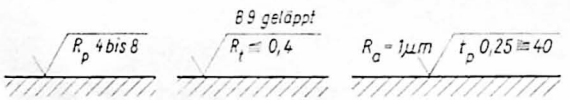
2 das Kurzzeichen für den Oberflächencharakter nach DIN 4761 und, wenn nötig, das Fertigungsverfahren

3 die Rauhtiefe R_t, die Glättungstiefe R_p, der Mindestwert des Profiltraganteils t_p und der Mindestwert des Flächentraganteils t_f nach DIN 4762



68.2 Anordnung der Rauheitswerte

Beispiele



68.3 Eintragungsbeispiele

a) Glättungstiefe R_p zwischen 4 und 8 µm

b) Oberfläche B 9 nach DIN 4761 (krumme, unregelmäßige Rillen), durch Läppen entstanden, mit einer größten zulässigen Rauhtiefe $R_t = 0,4$ µm

c) Mittenrauhwert R_a von 1 µm mit einem Profiltraganteil t_p von mindestens 40 % im Abstand $c = 0,25$ m

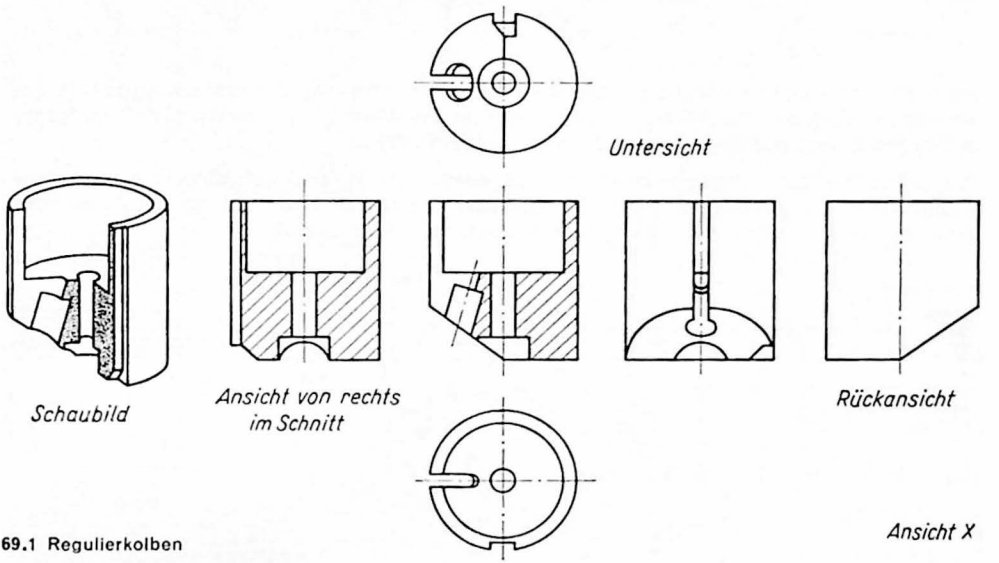
Zahlenwerte für Rauhheitsmaße sind in DIN 4763 gestuft und dort zu entnehmen.

Die in der Zeichnung angegebenen Rauheitsmaße müssen am Werkstück durch Messen nachgeprüft werden.

6.07 Besonderheiten der Darstellung und Bemaßung

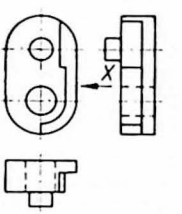
Darstellung. Komplizierte Werkstücke erfordern oft mehr als drei Ansichten (DIN 6). Für deren Anordnung gilt: Die Ansicht von rechts steht links neben der Vorderansicht, die Untersicht über der Vorderansicht und die Rückansicht rechts neben der Seitenansicht von links (**69.1**).

Es sind aber nur so viele und nur diejenigen Ansichten zu wählen, die zum eindeutigen Festlegen der Werkstückgestalt notwendig sind.



69.1 Regulierkolben

Von der in Bild **69.1** festgelegten Anordnung der Ansichten und Schnitte darf nur in Ausnahmefällen abgewichen werden, z. B. bei nachträglichem Hinzufügen einer Ansicht, die wegen Platzmangels an eine andere als die übliche Stelle gesetzt wird. Es muß aber dann die Blickrichtung durch eine Wortangabe über der Darstellung erläutert werden, z. B. „Ansicht *X*" (**69.2**).



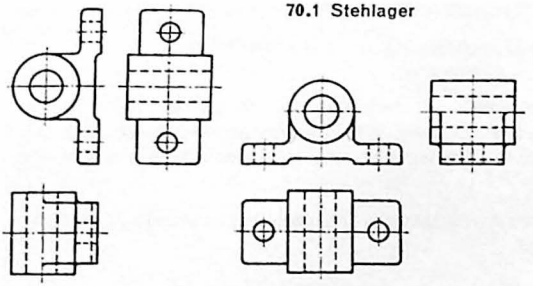
69.2 Abweichende Anordnung einer Ansicht

Die Darstellung muß sinnfällig angeordnet sein. Für die Wahl, welche Ansichten für die Darstellung in Betracht kommen, bestehen mehrere Grundsätze, die sich aber wegen der Verschiedenartigkeit der Verwendungszwecke, der Herstellung und des Aussehens der Teile nicht schematisch anwenden lassen.

Die Zeichnung soll das Werkstück in der Gebrauchslage zeigen (**70.1**). Stehende Werkstücke dürfen mithin nicht liegend und liegende nicht stehend dargestellt werden.

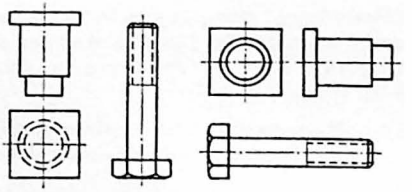
Gewisse Werkstücke werden vorzugsweise in der Fertigungslage gezeichnet (**70.2**). So sind Drehteile waagerecht und gewöhnlich mit dem dünnen Ende nach rechts darzustellen. Hat ein Werkstück mehrere Fertigungslagen, so wird die bei der Fertigung überwiegende Lage gewählt.

70.1 Stehlager



Nicht so, *sondern so!*

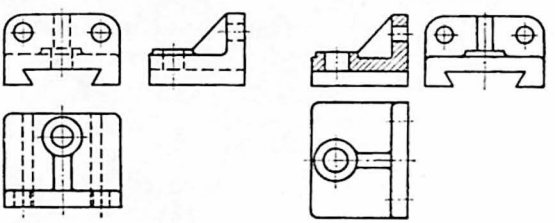
70.2 Bolzen und Schraube



Nicht so, *sondern so!*

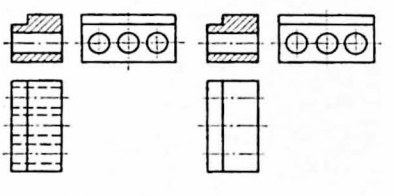
Die Vorderansicht soll möglichst das Wesentliche der Werkstücksgestalt erkennen lassen, also Hauptansicht sein. Dabei ist das Werkstück so zu legen, daß verdeckte Kanten nicht oder nur in geringem Umfange auftreten (**70.3**).

Überflüssige Strichlinien fallen fort. So werden die in der Draufsicht verdeckten Bohrungen des Spannklobens (**70.4**) nicht eingestrichelt, da Durchmesser, Länge und Anzahl der Löcher in der Vorderansicht und Seitenansicht bereits festliegen.



Nicht so, *sondern so!*

70.3 Schwalbenschwanzführung



Nicht so, *sondern so!*

70.4 Spannkloben

Der Einwand, daß nicht alle Bohrungen in Bild **70.4** Durchgangslöcher zu sein brauchen, weil die Vorderansicht nur den Schnitt durch das mittlere Loch zeigt, wird durch das Einzeichnen durchgehender Mittellinien für die Bohrungen in der Draufsicht entkräftet. Sonst wären etwa vorhandene Sacklöcher in der Darstellung vollkommener als nur durch Strichlinien angedeutet worden.

Ein Halbschnitt ist vorteilhaft, wenn jede Bildhälfte verschiedene Merkmale des Werkstücks ausdrückt (**71.1**) oder bei symmetrischen Teilen sich durch den Halbschnitt merkliche Einsparungen an Arbeit ergeben.

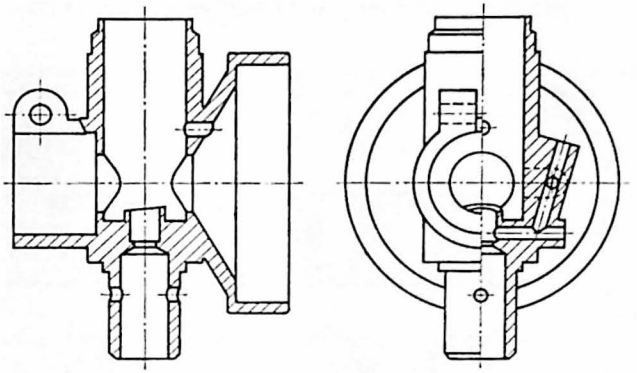
Ohne diese Vereinfachung hätten von dem Vergaserkörper fünf Bilder gezeichnet werden müssen. Statt dessen sind in der Seitenansicht und in der Draufsicht je zwei Bilder zu einem vereinigt worden. Zwischen der geschnittenen und der ungeschnittenen Bildhälfte wird eine besondere Trennlinie nicht gezogen.

Stehen zwingende Gründe nicht entgegen, dann werden bei waagerechter Mittellinie die untere Hälfte und bei senkrechter Mittellinie die rechte Hälfte geschnitten.

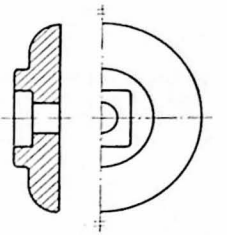
Bei Platzmangel kann die in der Zeichnung innenliegende Hälfte einer Ansicht oder eines Schnittes, ausgenommen bei der Vorderansicht, fortfallen (**71.2**). Die Symmetrieachse kann dann durch zwei Paar parallele Striche gekennzeichnet werden.

Eine andere Möglichkeit, Ansichten einzusparen, zeigt Bild **71.3**.

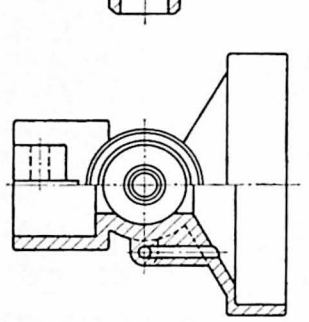
Damit der Blick in das Innere der Lagerbohrung frei wird, ist die linke Hälfte der Draufsicht ohne Decke gezeichnet, während ein Teilschnitt (Ausbruch) in der Vorderansicht Schraubenloch, Schmierloch und Schmiernut freilegt.

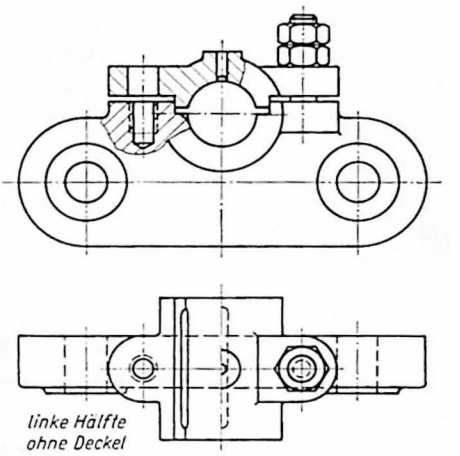


71.1 Vergaserkörper

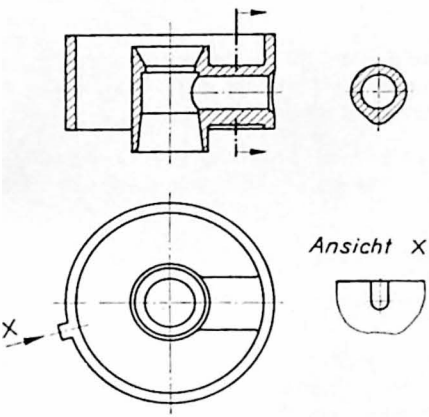


71.2 Ankerplatte





71.3 Augenlager



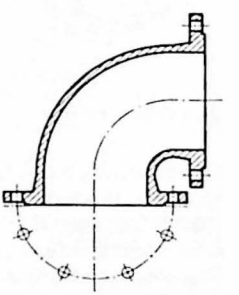
71.4 Lufttrichter

Teildarstellungen sind hinzuzufügen, wenn in den üblichen Zeichnungsbildern die Gestalt des Werkstücks nicht ganz erfaßt ist (71.4).

Statt der ganzen Seitenansicht braucht nur der Querschnitt des zur Mitte führenden Kanals gezeichnet zu werden. Die Form des Vorsprungs am äußeren Umfange wird als „Ansicht X" im Ausbruch dargestellt.

Rohrkrümmer brauchen nur in einer Ansicht dargestellt zu werden. Diese muß aber das Fehlende der Körperform aus anderen Ansichten aufnehmen (71.5).

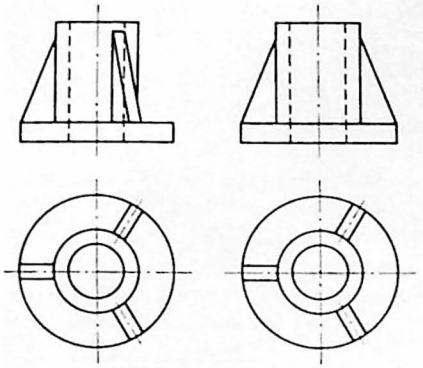
Auf einem halben, strichpunktierten Lochkreis werden die Löcher mit dünnen Vollinien eingezeichnet.



71.5 Rohrkrümmer

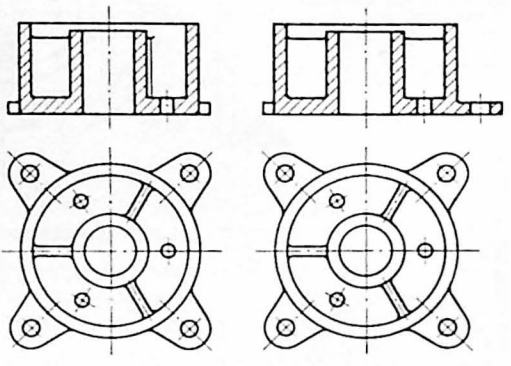
Ungünstige Verkürzungen ergeben sich durch schiefliegende Werkstückoberflächen (72.1 und 72.2).

Die Zeichnung ist besser, wenn die betreffenden Formen des Werkstücks in die Zeichen- oder in die Schnittebene eingedreht dargestellt werden. So sind in Bild 72.1 eine Rippe und in Bild 72.2 ein Steg und eine Befestigungslasche eingedreht worden. Außerdem könnte in der linken Hälfte der Vorderansicht der sichtbare Teil der Befestigungslasche, da er nichts Wesentliches besagt, fortgelassen werden.



Nicht so, sondern so!

72.1 Halter



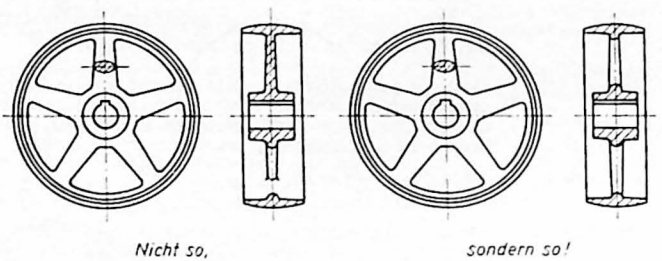
Nicht so, sondern so!

72.2 Gehäuse

Arme an Riemenscheiben und Zahnrädern, Rippen, Stege usw. sind wie volle Teile nicht im Längsschnitt, sondern ungeschnitten zu zeichnen (72.3).

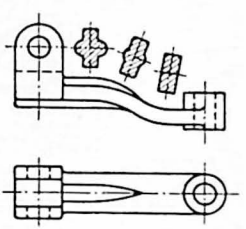
Ferner werden nicht in der Schnittebene liegende Arme eingedreht dargestellt, wie die Seitenansicht zeigt.

Armquerschnitte sind mit dünnen Vollinien in eine Ansicht (72.3) oder in normaler Strichdicke danebenzusetzen (72.4). Ändert sich der Armquerschnitt mit der Länge, so sind mehrere Querschnitte notwendig, die durch Maße festgelegt werden können.



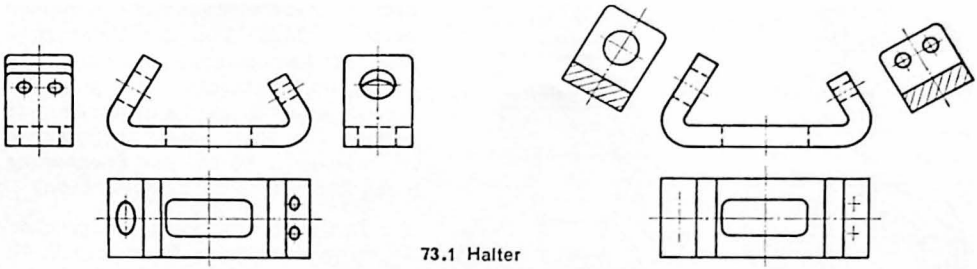
Nicht so, sondern so!

72.3 Riemenscheibe



72.4 Hebel

In abweichender Lage werden Ansichten gezeichnet, wenn sich infolge der Eigentümlichkeit des Werkstücks bei der normalen Darstellung unangenehme Verkürzungen ergeben (73.1). Entgegen der üblichen Regel liegt die neue Ansicht schief, als wäre das Werkstück um eine schräglaufende Kante gekippt worden. Unter Umständen ist der betreffende Teil des Werkstücks abgebrochen darzustellen.



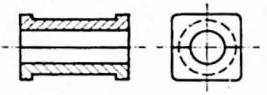
73.1 Halter

Mehrteilige Werkstücke erhalten eine Trennlinie und, sofern eine Schnittzeichnung vorliegt, verschieden gerichtete Schraffur (73.2).

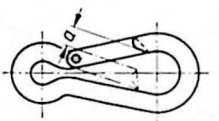
Mit dünnen Strichpunktlinien werden außer anderem angedeutet:

Endstellungen beweglicher Teile, wie Hebel, Griffe u. a. (73.3)

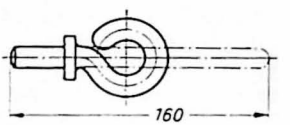
die Gestalt der Schmiedestücke u. dgl. vor dem Biegen (73.4). Damit werden Bemaßung und Herstellung erleichtert.



73.2 Zweiteilige Lagerschale



73.3 Endstellung bei einem Karabinerhaken



73.4 Gestreckte Länge einer Öse

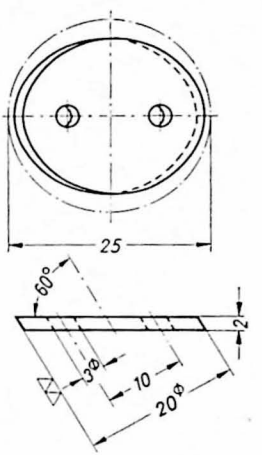
Bearbeitungszugaben für Rohteile in der Fertigteilzeichnung (73.5). Strichpunktlinien werden aber auch sinngemäß zur Andeutung des Fertigteils in einer Rohteilzeichnung verwendet.

Werkzeuge am Werkstück zur Erleichterung der Bemaßung und Angabe der Arbeitsgänge (73.6).

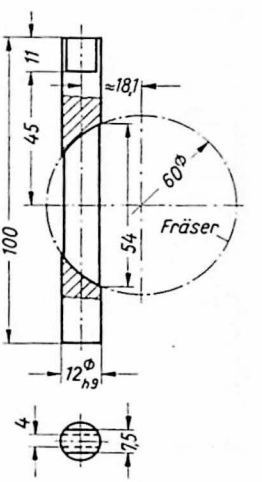
Teile und Formen des dargestellten Gegenstandes, sofern sie vor der Schnittdarstellung liegen, wie die Gestalt des unteren Auges mit Durchgangsloch in Bild 74.1

Einzelheiten, die in vergrößertem Maßstab herausgezeichnet und neben die Darstellung gesetzt werden (81.1)

die Lage der zu bearbeitenden Werkstücke in Vorrichtungen (196.1)

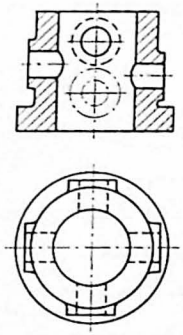


73.5 Drosselklappe

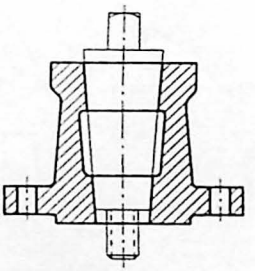


73.6 Welle

Die Umrisse benachbarter Teile zur Kennzeichnung des Zusammenhangs werden jedoch in dünnen Vollinien gezeichnet (221.3). Dadurch treten Nebenteile gegenüber Hauptteilen zurück. Die durch Nebenteile verdeckten Körperkanten der Hauptteile werden nicht gestrichelt, sondern wie unver-



74.1 Vor der Schnittebene liegende Werkstücksform

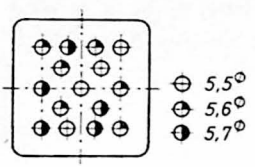


74.2 Hauptteil und Nebenteil

deckte Körperkanten in dicken Vollinien gezogen (74.2). Von der Unterscheidung der dargestellten Teile durch verschiedene Strichdicken wird gern Gebrauch gemacht, wenn eine bestehende Anlage von einer neuen abzugrenzen ist, wie es z. B. bei der Erweiterung eines Rohrnetzes der Fall sein kann.

Zur Fertigung von spiegelbildgleichen Teilen genügt oft eine Zeichnung. In die Nähe des Schriftfeldes wird dann eine unter Umständen verkleinerte Darstellung der anderen Ausführung mit erläuterndem Text gesetzt (74.3).

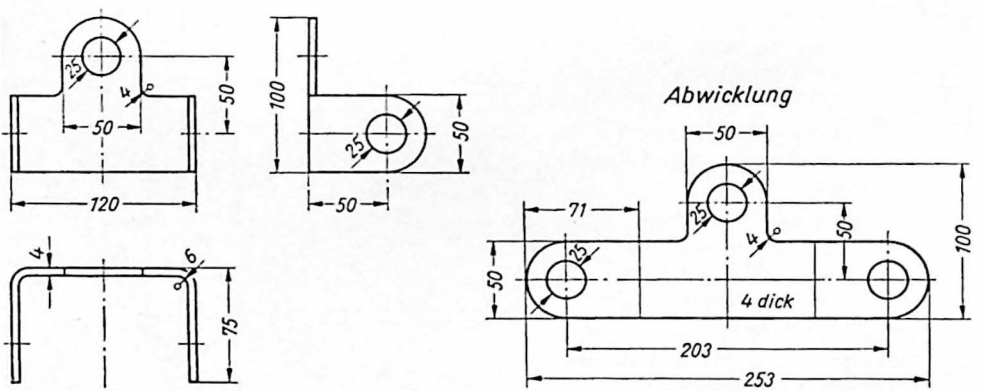
74.3 Rechts- und Linksausführung



74.4 Unterscheidung von Lochdurchmessern

Hat ein Werkstück eine Vielzahl Löcher, deren Durchmesser sich nur unauffällig unterscheiden, so kann die Verwendung eigens gewählter Sinnbilder vorteilhaft sein, sofern die genormten (s. S. 203) nicht anwendbar sind (74.4). Die Bedeutung der Sinnbilder muß aber auf dem Zeichenbogen erklärt werden.

Abwicklungen gebogener Blechstücke lassen Form und Abmessungen des Blechzuschnittes eindeutig erkennen (74.5). Dadurch werden Ausschneiden, Herstellung der Schnitt- und Biegewerkzeuge, Berechnung des Blechbedarfs u. a. sehr erleichtert.



74.5 Halter

Abwicklungen werden gewöhnlich neben die Darstellung des Werkstückes und meist in dünnen Vollinien gezeichnet. Für Kaltabkanten, das möglichst quer zur Walzrichtung des Werkstoffes vorzunehmen ist, und Kaltbiegen von flach gewalztem Stahl ist DIN 6935 heranzuziehen.

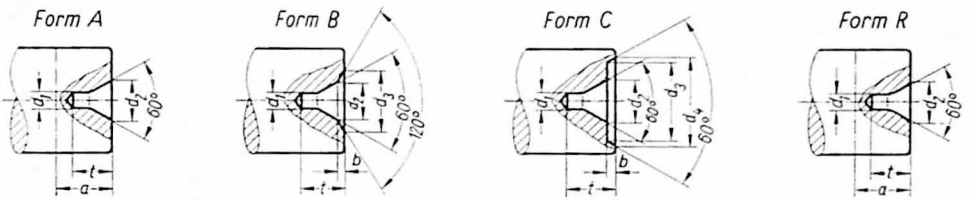
Die Biegehalbmesser reichen bis zum inneren Rundungsbogen, sind abhängig von der Dicke und der Zugfestigkeit des Werkstoffes, nach DIN 250 (s. S. 34) auszuwählen und dürfen die festgelegte Mindestgröße nicht unterschreiten.

Biegelinien kennzeichnen die Biegestelle und werden als dünne Vollinien in der Mitte und gewöhnlich auf der Innenseite der Rundung gezogen. Die Lage einer Biegelinie ist durch das Maß für die Länge des abgebrochenen Schenkels unter Berücksichtigung eines nach DIN 6935, Kaltabkanten und Kaltbiegen von flach gewalztem Stahl, ermittelten Ausgleichswertes zu bestimmen (Maß 71). Dieser dient auch zur Errechnung der gestreckten Länge (Maß 253).

Falls erforderlich, können an geeigneter Stelle die Vermerke „In Walzrichtung abgekantet", „Gratseite unten" oder „Gratseite oben" eingetragen werden.

Zentrierbohrungen haben Senkwinkel von 60° (75.1) und bestehen in den Formen A, B, C und R. Welche Form anzuwenden ist, hängt von den bei der Bearbeitung auftretenden Kräften und vom Gewicht des Werkstücks ab.

Die Formen B und C haben kegelige Schutzsenkungen. Bei der Form R ist die Lauffläche gewölbt. Die Übergänge zwischen den zylindrischen Bohrungen und den geraden Laufflächen sind gerundet.



75.1 Zentrierbohrungen DIN 332

Die Bohrungsdurchmesser (d_1) betragen bis zu 10 mm und sind, wie auch die übrigen Abmessungen, dem Normblatt zu entnehmen.

Teile mit unterschiedlichen Durchmessern können an beiden Enden die Zentrierbohrung des kleineren Durchmessers erhalten. Die Länge a ist abzustechen, wenn die Zentrierbohrung nicht stehenbleiben darf (75.1, Form A). Soll sie jedoch am Werkstück bleiben, wird zweckmäßigerweise Form B oder C gewählt.

Zentrierbohrungen müssen z. B. an Werkstücken stehenbleiben, die nach dem Härten zum Schleifen zwischen Spitzen gespannt werden.

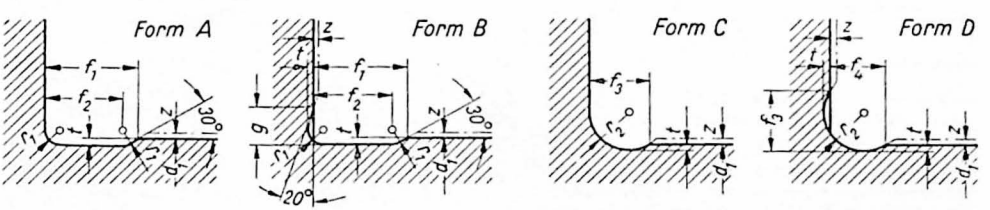
Zentrierbohrungen haben genormte Bezeichnungen. Eine solche für Form B mit 3 mm Bohrungsdurchmesser lautet

Zentrierung B 3 DIN 332

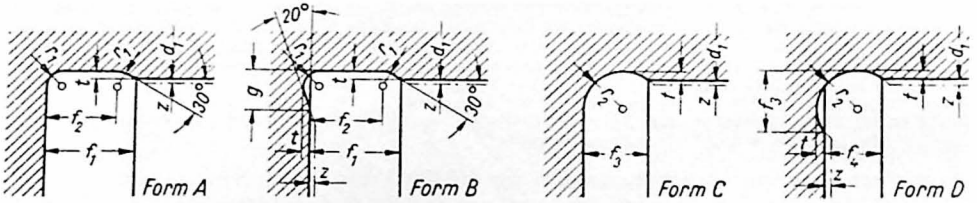
Für die Angaben in den Zeichnungen gelten die Beispiele in Bild 75.2.

75.2 Kennzeichnungsbeispiele

Freistiche (DIN 509) sind Außen- oder Inneneinstiche an gedrehten Werkstücken und in je vier Ausführungen möglich (75.3 und 76.1).



75.3 Außenfreistiche

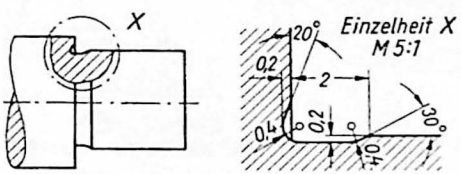


76.1 Innenfreistiche

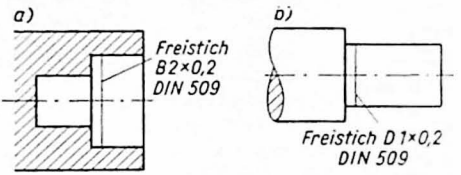
Die Formen A und B werden für das Schleifen, aber auch für andere Bearbeitungsverfahren, und C und D für Werkstücke mit höherer Wechselfestigkeit vorgesehen.

Für eine Bearbeitungsfläche sind die Formen A oder C und für zwei rechtwinklig zueinander stehende Bearbeitungsflächen die Formen B oder D zu wählen.

Ein Freistich wird entweder ausführlich gezeichnet und bemaßt (**76.2**) oder vereinfacht dargestellt und durch ein Kurzzeichen benannt (**76.3**). Über die Darstellung einer „Einzelheit" s. S. 81.

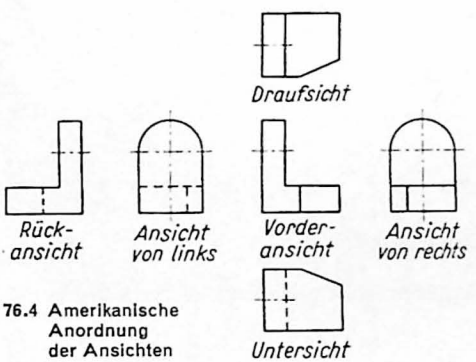


76.2 Darstellung und Bemaßung eines Außenfreistichs B



76.3 Vereinfachte Darstellung a) Innenfreistich B b) Außenfreistich D

Neben dem Formbuchstaben enthält ein Kurzzeichen für die Ausführungen A und B die Breite f_1 und die Tiefe t und für die Ausführungen C und D den Halbmesser r_2 und die Tiefe t. Die Maße sind den Durchmessern d_1 zugeordnet und in DIN 509 enthalten.



76.4 Amerikanische Anordnung der Ansichten

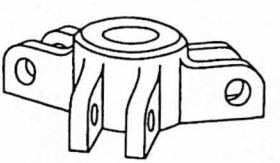
Amerikanische Darstellungsweise. Entgegen dem in Deutschland üblichen Verfahren stehen die Draufsicht über und die linke Seitenansicht links neben der Vorderansicht (**76.4**). An Stelle der Draufsicht in deutschen Zeichnungen steht die Untersicht und an Stelle der Ansicht von links die rechte Seitenansicht. Die Rückansicht wird links neben die linke Seitenansicht gesetzt.

Amerikanische Zeichnungen unterscheiden sich auch dadurch von deutschen, daß die Abmessungen in Zoll angegeben und andere Angaben für Oberflächenbeschaffenheit und Toleranzen enthalten sind (**77.1**).

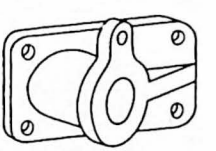
Übungen

1. Zeichne die Traverse (**76.5**) und den Stützbock (**76.6**) in den erforderlichen Ansichten und trage die Maße ein.

Traverse. Mittelteil: Außendurchmesser 60, Höhe 45, Durchmesser der durchgehenden Hauptbohrung 32, 45°-Fase 3 lang. Drei Gabeln um je 120° versetzt, Höhe 30, äußere Breite 40,



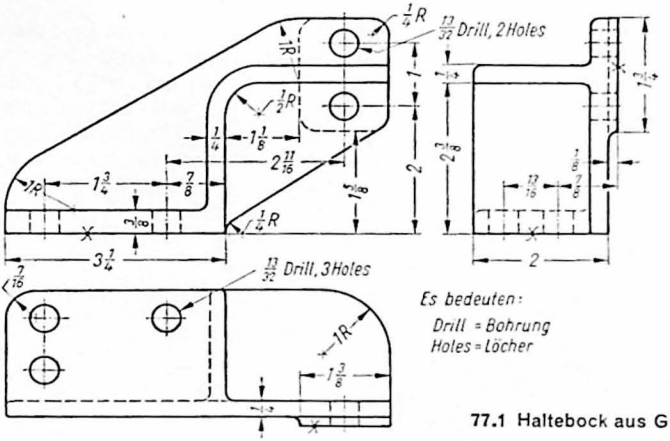
76.5 Traverse aus GG-12



76.6 Stützbock aus GG-12

Abstand von Mitte Hauptbohrung bis Mitte Bolzenlöcher 50, Halbmesser der Eckenabrundungen 15, Halbmesser der Übergangsrundungen zum Mittelteil 10, Bohrungsdurchmesser 8, Schlitzbreite 20.

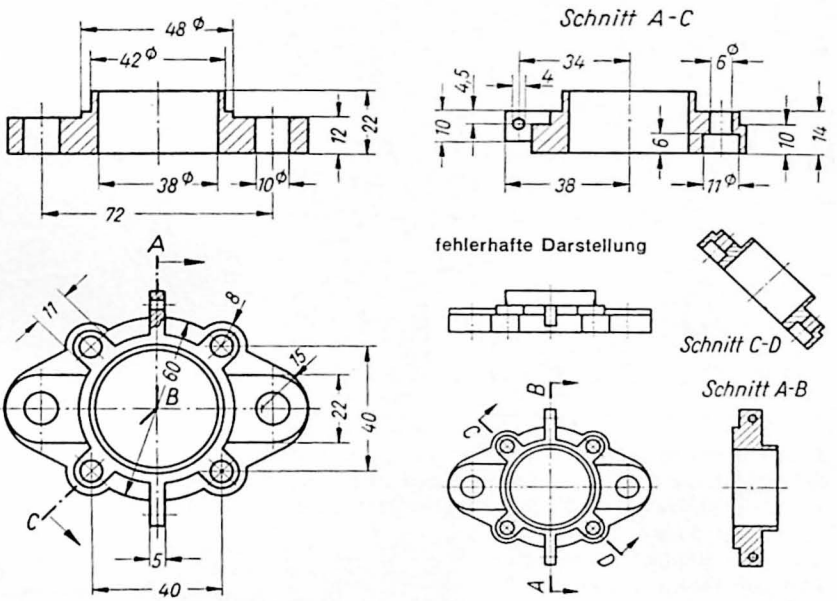
Stützbock. Grundplatte: Länge 100, Breite 60, Dicke 10, Rundungshalbmesser 10, Durchmesser der vier Durchgangslöcher 8. Neigung der Vorderfläche zur Grundplatte 30°, Neigung der Hauptbohrung zur Grundplatte 60°. Die Achse der Hauptbohrung tritt 20 über der Grundplattenmitte aus. Durchmesser der Hauptbohrung 24, Bohrungstiefe 20 (flacher Grund), Wanddicke 8, Bunddurchmesser 50, Bundhöhe 8, Abstand von Mitte Hauptbohrung bis Mitte Laschenloch 35, Durchmesser des durchgehenden Laschenlochs 10, Laschenbreite 20, Halbmesser der Übergangsrundung am Bund 4, Stegdicke 10.



77.1 Haltebock aus GG-12 (Amerikanische Zeichnung)

2. Stelle von dem Haltebock (77.1) eine normgerechte Werkzeichnung her. Die Abmessungen sind in mm umzurechnen und auf Normmaße nach DIN 3 (s. S. 78) zu bringen. Außerdem sind Mängel in der Maßanordnung zu beseitigen.

Bild 77.2 ist ein Beispiel für eine Werkzeichnung mit richtiger und falscher Auswahl und Anordnung der Ansichten und Schnitte.



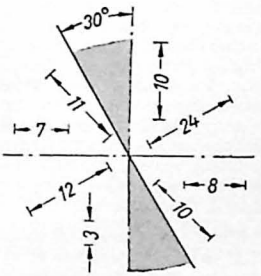
77.2 Flansch

Besonderheiten der Bemaßung. Maße sollen den Normreihen nach DIN 3 entsprechen (s. S. 78).

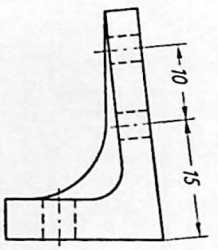
Mit der Normung sollen die Kosten für Beschaffung und Aufbewahrung der Werkstoffe, z. B. Flachstahl, Rundstahl, Bleche, Rohre, der Bearbeitungswerkzeuge, wie Bohrer, Senker, Reibahlen, und der Meßgeräte,

wie Grenzrachenlehren, Grenzlehrdorne u. a., auf ein tragbares Ausmaß beschränkt bleiben. Wenige bestimmte Größen schalten somit die Wahl willkürlicher Maße aus. Es kann aber von den genormten Abmessungen ausnahmsweise abgewichen werden, wenn wichtige Gründe vorliegen.

Für einzelne Fachgebiete, z. B. Feinmechanik, Wälzlagerbau, Werkzeugbau, Lokomotiv- und Wagenbau, sind einige Sonderabmessungen vorgesehen.



78.1 Radial gerichtete Maße nicht in die gerasterten Flächen setzen



78.2 Ausnahme der Maßanordnung

Maßanordnung. In den innerhalb der 30°-Winkel durch Raster gekennzeichneten Flächen sollen Maßlinien in Richtung auf den Scheitelpunkt nicht untergebracht werden (78.1). Unumgängliche Ausnahmen sind jedoch statthaft. Die Maßzahlen müssen aber dann von links her lesbar sein (78.2).

Tafel 78.3: Normmaße in mm (Vorzugsmaße sind fettgedruckt)

0,1	**1**	**10**	**100**
			105
	1,1	**11**	**110**
			115
0,12	**1,2**	**12**	120
			125
		13	130
			135
	1,4	**14**	**140**
			145
	1,5	15	150
			155
0,16	**1,6**	**16**	**160**
			165
		17	170
			175
	1,8	**18**	**180**
			185
		19	190
			195
0,2	**2**	**20**	**200**
		21	210
	2,2	**22**	**220**
		23	230
		24	240
0,25	**2,5**	**25**	**250**

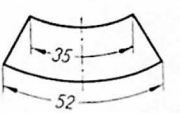
		26	260
			270
	2,8	**28**	**280**
			290
0,3	3	30	300
			310
			315
	3,2	**32**	**320**
			330
		34	340
	3,5	35	350
			355
		36	**360**
			370
			375
		38	380
			390
0,4	**4**	**40**	**400**
			410
		42	420
			430
		44	440
	4,5	**45**	**450**
		46	460
			470
		48	480
			490

0,5	**5**	**50**	**500**
		52	520
		53	530
	5,5	55	550
		56	**560**
		58	580
0,6	**6**	60	600
		62	
		63	**630**
		65	650
		67	670
		68	
	7	70	700
		71	**710**
		72	
		75	750
		78	
0,8	**8**	**80**	**800**
		82	
		85	850
		88	
	9	**90**	**900**
		92	
		95	950
		98	

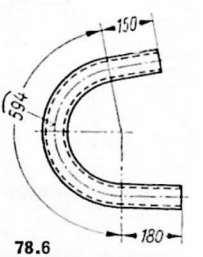
Bei Sehnenlängen (78.4) und, sofern der Zentriwinkel gleich oder kleiner als 90° ist, auch bei Kreisbogenlängen (78.5) laufen die Maßhilfslinien parallel. Die Maßlinien für Sehnen sind gerade Linien. Ist der Zentriwinkel größer als 90°, dann werden Bogenlängen nach Bild 78.6 bemaßt.

Die Maßzahl erhält einen Bogenstrich und der bemaßte Bogen bei Bedarf einen Bezugshaken. Die Maßlinien für Bogen werden vom Zirkeleinsatzpunkt aus geschlagen.

78.4 Sehnenlängen



78.5 Bogenlängen



78.6 Große Bogenlänge

Für Winkel sind die Maßlinien Kreisbögen; die Maßhilfslinien laufen in Verlängerung der Winkelschenkel (79.1).

Der Zirkeleinsatzpunkt für die Maßlinien liegt stets im Scheitel des Winkels, wird aber nicht besonders gekennzeichnet.

Winkelabmessungen werden in Graden, Minuten und Sekunden oder in Dezimalwerten, z. B. 30,4°, angegeben. Die Maßeinheiten stehen erhöht hinter der Maßzahl (79.2).

Die Maßlücken sind so anzuordnen, daß die Zahlen von unten und von rechts her lesbar sind (79.3). Sind Winkelmaße in den gerasterten Flächen innerhalb der 30°-Winkel nicht vermeidbar, dann sind die Zahlen von links lesbar einzuschreiben. Winkelangaben, die wegen Platzmangels herausgezogen werden müssen, haben die gleiche Lage wie in der Maßzahllücke.

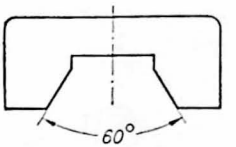
Bohrkegelwinkel in der üblichen Größe werden nicht bemaßt (79.4).

Winkel in Zeichnungen über Bleche, Flachstahl, Formstahl usw. sollen nicht in Graden angegeben werden, wenn zum Anreißen des Werkstücks nur Lineal, Stabmaß, Anschlagwinkel und Zirkel bereitstehen (79.5). Vielmehr sind die Winkel durch Eintragen von Längenmaßen zu bestimmen.

Blechdicken werden in den Blechflächen angegeben, z. B. „6 dick", wenn nötig, mit Bezugsstrich daneben. Eine zweite Ansicht ist dann überflüssig.

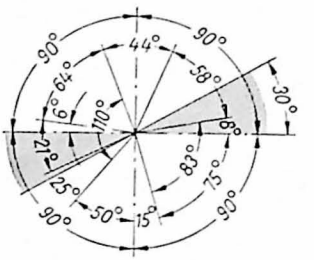
Regelmäßige Kreisteilungen brauchen Winkelangaben nicht zu haben, wenn Zweifel über die Winkelgröße ausgeschlossen und Toleranzangaben nicht erforderlich sind (79.0).

Bei Fasen von 45° können Fasenlänge und Winkelmaß in einem Maß zusammengefaßt werden (79.7).

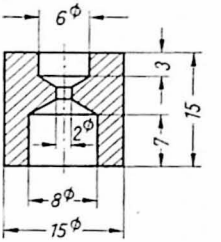


79.1 Bemaßter Winkel

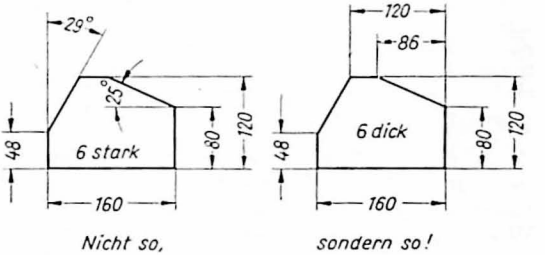
79.2 Maßeinheiten für Winkel



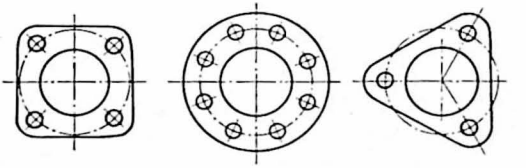
79.3 Anordnung der Winkelmaße



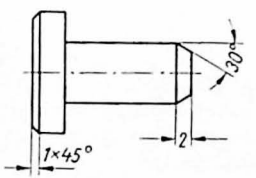
79.4 Unbemaßte Winkel



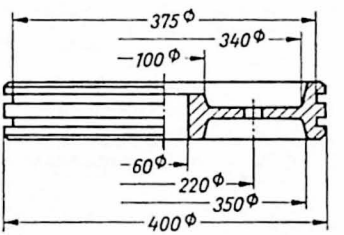
79.5 Knotenblech



79.6 Unbemaßte Kreisteilungen



79.7 Bemaßung der Fasen



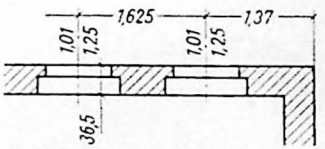
79.8 Unvollständige Durchmessermaße

Gekürzte Maßlinien sind in großen Darstellungen zur besseren Übersicht und in solchen, die zur Einsparung von Platz und Zeit nur zur Hälfte gezeichnet sind, anzuwenden (79.8).

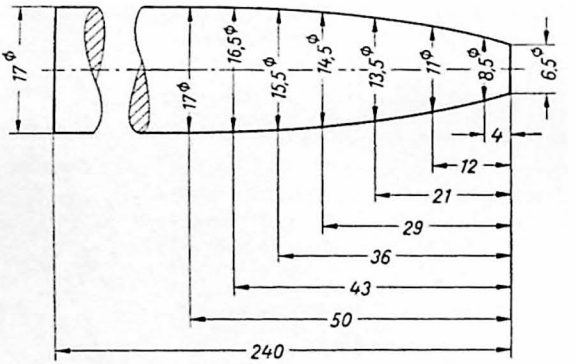
Sie sollen etwas über die Mitte des Maßbereichs hinausragen und die Maßzahl in der Nähe des Pfeils aufnehmen.

In Hochbauzeichnungen sind statt der Maßpfeile kurze Schrägstriche unter 45° zulässig (**80.1**).

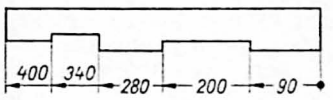
Unregelmäßige Körperformen, die nicht bekannten, gesetzmäßig verlaufenden Linien, wie Kreisen, Ellipsen, Parabeln u. a., entsprechen, werden nach Bild **80.2** bemaßt.



80.1 Schrägstriche in Hochbauzeichnungen



80.2 Bemaßung unregelmäßiger Formen



80.3 Zusammengefaßte Maßlinien

Eine größere Anzahl von einer Bezugslinie ausgehender Maßlinien, wie im Bild zuvor, kann ausnahmsweise zusammengefaßt werden, sofern sie einzeln angeordnet, unübersichtlich sind oder es an Platz mangelt (**80.3**).

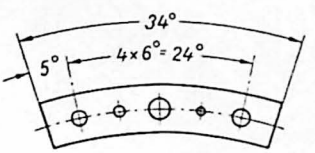
Der allen Maßen gemeinsame Anfang an der Bezugsebene erhält an Stelle des Pfeils einen geschwärzten Nullenkreis. Die Maßzahlen geben die Abmessungen von diesem Nullenkreis bis zum zugehörigen Maßpfeil an und können bei Platzmangel abwechselnd über und unter der durchgezogenen Maßlinie stehen.

Gleiche Teilungen können ein gemeinsames Maß für Anzahl, Größe und Summe der Lochabstände erhalten (**80.4**).

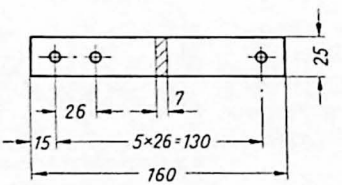
Sind auch die Lochdurchmesser gleich, dann können die Kreise der Löcher fortfallen und sogar die Mittellinienkreuze bis auf eins zur Eintragung des Maßes für einen Abstand von Mitte zu Mitte Bohrung (**80.5**).

Der Querschnitt der Stab- und der Profilstähle kann in dünnen Vollinien in die Darstellung eingezeichnet und dort mit Maßen versehen werden. Um ihn hervorzuheben, wird er schraffiert (**80.5**).

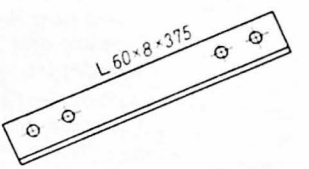
Profilmaße werden in Stabrichtung in oder neben die Darstellung geschrieben (**80.6**).



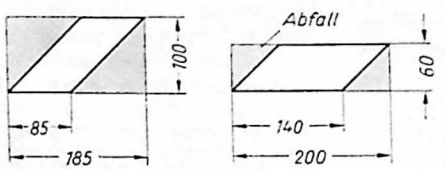
80.4 Maß für 4 gleiche Winkelteilungen



80.5 Längenmaß 130 für 5 gleiche Lochteilungen



80.6 Angabe eines Profils



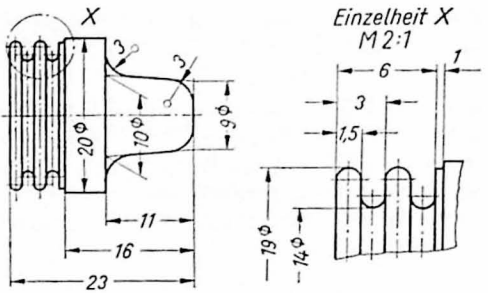
Bei Blechteilen muß die Anordnung der Maße nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen und Rücksicht auf den geringsten Abfall genommen werden (**80.7**).

80.7 Zweckmäßige Bemaßung erspart Werkstoff

Teile einer Werkstücksgestalt werden vergrößert herausgezeichnet, wenn die Maße für kleine Abmessungen in der üblichen Darstellung nicht unterzubringen sind (**81**.1).

Um die Stelle des Ausbruchs wird ein strichpunktierter Kreis in der Dicke der Maßlinien gezogen und mit einem Großbuchstaben in $1\frac{1}{2}$facher Höhe der Maßzahlen versehen. Die Vergrößerung erhält einen sinngemäßen Hinweis, z. B. „Einzelheit *X*", und die Angabe des Zeichnungsmaßstabes.

Bei gerundeten Kehlen und Kanten wird die Grundform der Werkstücke durch Andeuten der Ecken näher bestimmt (**81**.1).

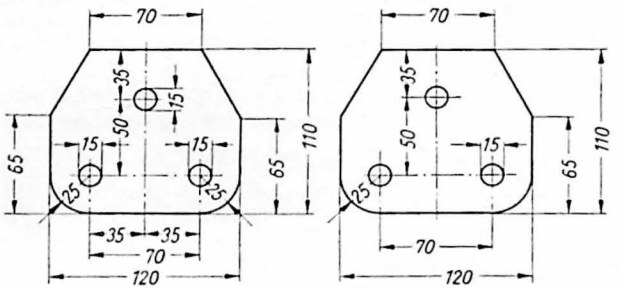


81.1 Ausbruch, gerundete Form, Maß- und Maßhilfslinien unter 60°/120°

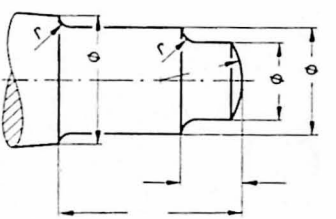
Das geschieht mit dünnen Vollinien, wie das Beispiel für die Maße 9⌀ und 10⌀ zeigt.

Maß- und Maßhilfslinien stehen gewöhnlich senkrecht aufeinander. Ist aber die Bemaßung dadurch nicht deutlich, so muß von dieser Regel abgewichen werden (Beispiel: Maß 10⌀).

Doppelbemaßung und andere maßliche Überbestimmungen sind grundsätzlich zu vermeiden, weil überflüssige Zeichenarbeit und Überladung der Zeichnung unangebracht sind. Gleiche Längen, Lochabstände, Durchmesser und andere werden somit nur einmal bemaßt; Maße für spiegelbildgleiche Formen sind nicht zu wiederholen, da ein Irrtum ausgeschlossen ist (**81**.2).



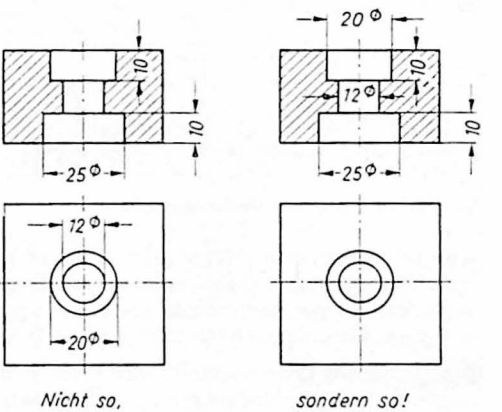
81.2 Symmetrisch liegende Abmessungen werden nur einmal bemaßt



81.3 Unterbrochene Vollinien

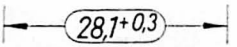
Kreuzungen der Maßpfeile mit Vollinien sind unerwünscht und besonders störend, wenn die Pfeilspitzen verdeckt werden. Dieser Nachteil kann durch Ansetzen der Pfeile von außen oder, wenn das nicht ratsam ist, durch Unterbrechen der Körperkanten vermieden werden (**81**.3).

Zusammengehörige Maße, wie Lochdurchmesser und Lochtiefe, Nutenbreite und Nutentiefe usw., werden, um zeitraubendes Suchen zu vermeiden, möglichst in die gleiche Ansicht gesetzt (**81**.4).



81.4 Zusammengehörige Maße werden in dieselbe Ansicht gesetzt

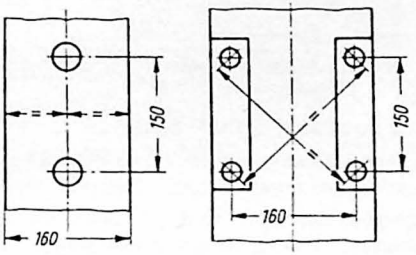
Maße, die vom Besteller (Empfänger) gemäß besonderer Abmachung geprüft werden, erhalten eine ovale Einfassung in Maßliniendicke (**82.1**).



82.1 Kontrollmaß

Außerdem wird ein geeigneter Vermerk, z. B. „Die ◯ Maße werden vom Besteller (Empfänger) besonders geprüft", über dem Schriftfeld eingetragen.

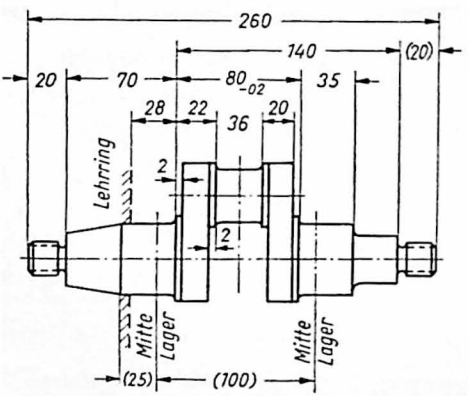
Die Mittigkeitslage kann bei grob tolerierten Breiten (z. B. Walzstahl) durch Maßlinien mit Gleichheitszeichen (**82.2**) gesichert werden. Für größere Genauigkeit wird ein Mittigkeitsmaß mit einer Toleranz gemäß Bild **94.5** verwendet.



82.2 Gleichheitszeichen bei symmetrischen Körpern

Maßzahlen für Hilfsmaße, also für solche Maße, die nicht für die Herstellung, wohl aber für Zusammenbau, Funktion, Prüfung u. a. erforderlich sind, können in Klammern gesetzt werden (**82.3**).

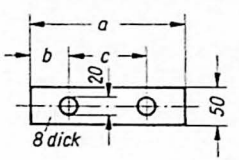
Über das Schriftfeld ist dann zu setzen: „Maßzahlen in ( ) gelten nicht für die Bearbeitung."



82.3 Maßzahlen in Klammern

Maßbuchstaben in Verbindung mit einer Zahlentafel werden für Teile mit einer geringen Anzahl veränderlicher Abmessungen verwendet (**82.4**).

An die Stelle des Maßstabs wird dann ein waagerechter Strich ins Schriftfeld gesetzt. Dasselbe gilt für vorgedruckte Zeichnungen, in die mit den Abmessungen nicht übereinstimmende Maßzahlen eingeschrieben werden. Solche Maßzahlen werden nicht unterstrichen (s. S. 90).



Lfd. Nr	a	b	c
1	100	25	50
2	200	50	100
3	300	75	150
4	400	100	200

82.4 Verwendung von Maßbuchstaben

Galvanische Überzüge (DIN 50960) werden durch Kurzzeichen gekennzeichnet, z. B.

gal Zn 12 mt c

Hierin bedeuten: gal = galvanische Behandlung, Zn = Zink (Überzugswerkstoff), 12 = 0,012 mm (Schichtmindestdicke), mt = matt (Glanzgrad), c = chromatiert (durch Nachbehandlung aufgetragene Chromatschutzschicht)

Weitere Kennbuchstaben sind für

den Überzugswerkstoff: Cd (Kadmium), Ni (Nickel), NiCr (Nickel-Chrom), CuNi (Kupfer-Nickel) und CuNiCr (Kupfer-Nickel-Chrom)

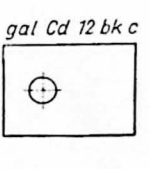
den Glanzgrad: bk (blank), gl (glänzend), hgl (hochglänzend) und sgl (spiegelglänzend)

die Nachbehandlung: ph (phosphatiert)

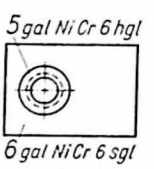
Nicht erforderliche Teile des Kurzzeichens werden fortgelassen. Wird ein Glanzgrad nicht angegeben, dann ist das Aussehen dem Hersteller überlassen. Bei mehreren Überzügen auf dem gleichen Teil werden die Überzugswerkstoffe in der Reihenfolge der Aufbringung eingetragen, z. B. Überzug mit 12 µm Nickel + 0,3 µm Chrom: gal Ni Cr 12 (1 µm = 1 Mikrometer = 0,001 mm)

Die Dicke der Chromschicht wird nicht angegeben, weil sie bei allen Nickel-Chrom-Überzügen einheitlich mindestens 0,3 µm beträgt; sie soll nicht dicker als 1 µm sein.

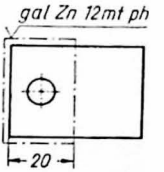
In Teilzeichnungen wird das Kurzzeichen an die Darstellung gesetzt (83.1). In Gesamtzeichnungen wird es als Zusatz zu den lfd. Nr angegeben (83.2). Ist der Überzug nur teilweise nötig, dann wird die betreffende Stelle strichpunktiert umrandet und das Kurzzeichen auf einen mit Haken versehenen Bezugsstrich gesetzt (83.3).



83.1 Teil mit allseitigem Überzug



83.2 2 allseitig überzogene Teile



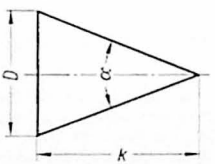
83.3 Teilweiser Überzug

6.08 Kegel, Kegelwinkel und Neigung (DIN 406)

Zur Anfertigung kegeliger Werkstücke sind außer den Körpermaßen häufig weitere Angaben in der Zeichnung notwendig, und zwar je nach den Erfordernissen der Kegel der halbe Kegelwinkel und die Neigung.

Kegel. Der Kegel am geraden Kreiskegel ist das Verhältnis vom Durchmesser D der Grundfläche zur Länge k (83.4):

$$\text{Kegel} = \frac{\text{Durchmesser}}{\text{Länge}}$$



83.4 Gerader Kreiskegel

Das Ergebnis der Ausrechnung wird als Bruch mit dem Zähler 1 ausgedrückt und mit $1/x$ bezeichnet. Es ist demnach:

$$\frac{1}{x} = \frac{D}{k}$$

Das Verhältnis gibt an, bei welcher Länge der Durchmesser um 1 mm kleiner wird. Es wird auch Verjüngung genannt und ist nur abhängig vom Kegelwinkel α.

Beispiel

Das Verhältnis für einen geraden Kreiskegel von $D = 25$ mm Durchmesser und $k = 250$ mm Länge ist

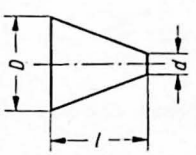
$$\frac{1}{x} = \frac{D}{k} = \frac{25}{250} = \frac{1}{10} = 1:10$$

Auf 10 mm Länge nimmt der Durchmesser mithin um 1 mm zu oder ab.

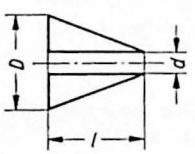
Der Kegel beim Stumpf des geraden Kreiskegels ist das Verhältnis vom Unterschied der Durchmesser D und d zur Länge l (83.5):

$$\frac{1}{x} = \frac{D - d}{l}$$

Zur Erläuterung wird ein Streifen in der Breite des Durchmessers d aus der Zeichnung herausgeschnitten (83.6). Die übrigbleibenden Dreiecke werden zusammengeschoben, so daß ein gleichschenkliges Dreieck, ähnlich dem Zeichnungsbilde des geraden Kreiskegels, entsteht (83.7). An Stelle des Durchmessers steht jetzt der Unterschied beider Durchmesser $D - d$.

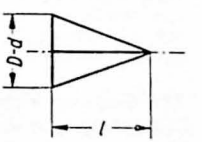


83.5 Kegelstumpf



83.6 Herausgeschnittener Streifen

$$\frac{1}{x} = \frac{D - d}{l}$$



83.7 Bezugsdreieck

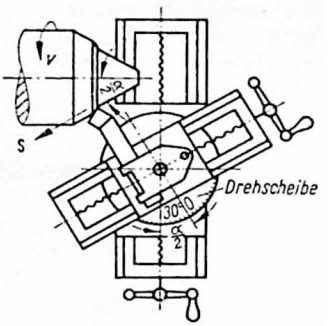
Beispiel

Für einen 90 mm langen Kegelstumpf mit den Durchmessern $D = 70$ und $d = 55$ mm ist der Kegel

$$\frac{1}{x} = \frac{D-d}{} = \frac{70-55}{90} = \frac{15}{90} = \frac{1}{6} = 1:6$$

Kegelwinkel. Kegelige Teile können auf der Drehbank hergestellt werden, indem am Mantel des sich in Richtung v um die Längsachse drehenden Werkstücks ein Schneidstahl in Richtung s entlanggeführt wird (**84.1**). Dabei bilden die Achse des Werkstücks und die von der Spitze des Stahls einzuhaltende Richtung den Winkel $\alpha/2$. Um diesen Winkel ist der auf dem Werkzeugschlitten eingespannte Schneidstahl mit Hilfe einer darunterliegenden Drehscheibe, die eine Gradteilung trägt, aus seiner ursprünglichen, zur Längsachse des Werkstücks rechtwinkligen Stellung heraus verstellt worden.

Der Einstellwinkel ist so groß wie der halbe Winkel an der Kegelspitze (**84.2**) und für den Dreher in der Zeichnung anzugeben.



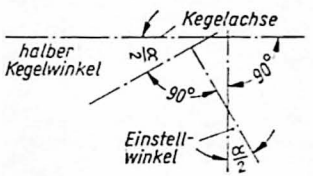
84.1 Kegeldrehen

Der Einstellwinkel wird mit Hilfe des Tangens berechnet. Zur Erklärung des Begriffes „Tangens", abgekürzt „tan", ist eine Betrachtung am rechtwinkligen Dreieck erforderlich (**84.3**).

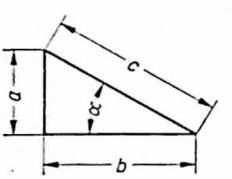
Die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite c, die längste im Dreieck, ist die Hypotenuse. Die beiden anderen heißen Katheten und schließen den rechten Winkel ein. Vom Winkel α aus gesehen ist a die gegenüberliegende oder Gegenkathete und die Seite b die anliegende oder Ankathete. Der Tangens ist nun das Verhältnis der Gegenkathete zur Ankathete:

$$\tan\alpha = \frac{a}{b}$$

Er wird als Dezimalzahl ausgedrückt und hat für jede Winkelgröße einen bestimmten Wert. Für die Winkel von 0° bis 90° sind diese Werte in sogenannten Tangenstafeln zusammengestellt, aus denen die Größe der zugehörigen Winkel abgelesen werden kann.



84.2 Einstellwinkel = halber Kegelwinkel



84.3 $\tan\alpha = \frac{a}{b}$

Beispiel

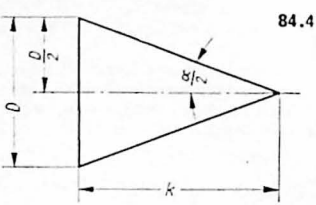
Die Gegenkathete eines Winkels α ist $a = 55{,}5$ mm, die Ankathete $b = 75$ mm lang. Dann ist

$$\tan\alpha = \frac{a}{b} = \frac{55{,}5}{75} \approx 0{,}74$$

Der Winkel beträgt nach der Tangenstafel 36° 30′ ≈ 36,5°.

Den Einstellwinkel für einen Kegel berechnet man mit dem rechtwinkligen Dreieck, das von der Hälfte der Kegelzeichnung dargestellt wird (**84.4**).

Allerdings trägt der zu berechnende Winkel im Gegensatz zum Winkel im rechtwinkligen Dreieck hier die Bezeichnung $\alpha/2$, weil am Kegel mit α allgemein der ganze Winkel an der Spitze bezeichnet wird.



84.4 Kegel

Die Gegenkathete des Winkels $\alpha/2$ wird durch den halben Kegeldurchmesser $D/2$ und die Ankathete von der Kegellänge k gebildet. Man erhält

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{D}{2k}$$

Beispiel

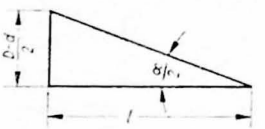
Für den geraden Kreiskegel mit dem Durchmesser $D = 25$ mm und der Länge $k = 250$ mm, dessen Kegel auf S. 83 berechnet wurde, ist

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{D}{2k} = \frac{25}{2 \cdot 250} = \frac{1}{20} = 0{,}05$$

Der Tangenswert 0,05 ist in der Zahlentafel aber nicht enthalten. Als ausreichend genau kann der nächste Wert = 0,0495 gewählt werden. Dazu gehört der Winkel 2° 50'.

Beim Einstellwinkel für einen Kegelstumpf wird die Gegenkathete des Winkels $\alpha/2$ von dem halben Unterschied der beiden Durchmesser und die Ankathete von der Länge des Kegelstumpfes gebildet (**85.1**):

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2l}$$



85.1 Bezugsdreieck

Beispiel

Für den 90 mm langen Kegelstumpf mit den Durchmessern 70 und 55 mm, dessen Kegel auf Seite 84 berechnet wurde, ist

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2l} = \frac{70-55}{2 \cdot 90} = \frac{15}{180} = \frac{1}{12} \approx 0{,}0833$$

Auch dieser Tangenswert befindet sich nicht in der Zahlentafel. Kann ein benachbarter Wert, 0,0846 oder 0,0816, als zu ungenau nicht gewählt werden, dann wird der zum Tangenswert 0,0833 gehörige Winkel durch Interpolation berechnet.

Interpolieren heißt, einen zwischen zwei bekannten Größen liegenden Wert ermitteln. Die dem errechneten Tangenswert 0,0833 benachbarten Größen sind nach der Tangenstafel

0,0846 für 4° 50' (oberer Wert)		Der Unterschied 0,003 gilt für 600''	
0,0816 für 4° 40' (unterer Wert)		„ „ 0,0013 „ „	?
Unterschied 0,0030 für 10' oder 600''		$\frac{600 \cdot 0{,}0013}{0{,}003} = 260'' = 4'\,20''$	
Der Unterschied zwischen dem oberen Tangenswert	= 0,0846	Von dem oberen Werte des Winkels	4° 50'
und dem errechneten Tangenswert	= 0,0833	werden abgezogen	4' 20''
beträgt	0,0013	so daß der gesuchte Winkel beträgt	4° 45' 40''

Zum errechneten Tangenswert 0,0833 gehört demnach der Winkel 4° 45' 40''.

Neigung. Die Neigung gibt das Gefälle der Mantellinie zur Mittelachse an, hat den gleichen Wert wie der Tangens des halben Kegelwinkels und wird mit $1/2x$ bezeichnet.

Für den Kegel ist die Neigung $\frac{1}{2x} = \frac{D}{2k}$ und für den Kegelstumpf $\frac{1}{2x} = \frac{D-d}{2l}$

Beispiel

Für den 90 mm langen Kegelstumpf, dessen Durchmesser $D = 70$ mm und $d = 55$ mm betragen, ist

$$\frac{1}{2x} = \frac{D-d}{2l} = \frac{70-55}{2 \cdot 90} = \frac{15}{180} = \frac{1}{12} = 1:12$$

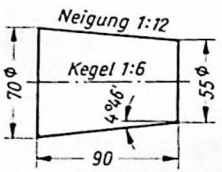
Die Neigung 1 : 12 besagt, daß die Mantellinie auf 12 mm Länge sich der Mittellinie um 1 mm nähert oder von ihr entfernt. Sie entspricht dem Kegel 1 : 6.

Die Neigung ist also stets halb so groß wie der Kegel. Sie kann auch in Prozenten ausgedrückt werden.

Beispiel

Für den 250 mm langen Kegel von 25 mm Durchmesser ist $\frac{1}{x} = \frac{D}{2k} = \frac{25}{2 \cdot 250} = 1:20$

Für die Umrechnung in Prozente muß die Neigung auf 100 mm Länge ermittelt werden.



86.1 Eintragen des Kegels, der Neigung und des Einstellwinkels

86.2 Doppelkegel

Auf 20 mm Länge entfällt 1 mm Neigung
„ 100 „ „ entfallen ? „ „

$$\frac{1 \cdot 100}{20} = 5 \text{ mm}$$

Die Neigung beträgt mithin 5 %.

Kegel sind genormt (DIN 254).

In der Zeichnung wird die Neigung über die Seitenlinie und der Kegel über die Mittelachse geschrieben (86.1).

Bei Doppelkegeln wird nach Bild 86.2 verfahren. Der Innenkegel wird über und der Außenkegel unter der Mittellinie angegeben.

Welche Angaben eingetragen werden, ist von Fall zu Fall zu entscheiden.

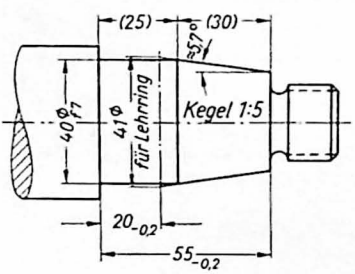
Der halbe Kegelwinkel ist anzugeben, wenn er für die Einstellung der Werkzeugmaschine erforderlich ist (84.1 und 86.3).

Einstellwinkel werden statt in Graden und Minuten als Dezimalzahlen, z. B. 5,7°, angegeben, wenn sie sich an den Maschinen besser einstellen lassen. Kegelige Senkungen an Bohrungen, Kegel an Körnerspitzen, an Senkschrauben und an Senknieten usw. sind mit dem ganzen Kegelwinkel zu kennzeichnen.

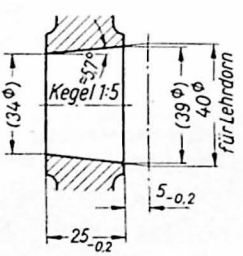
Der Kegel wird z. B. eingeschrieben, wenn ein Hohlkegel (86.4) mit der Reibahle gerieben oder ein Werkstück mit der Kegellehre geprüft wird, weil das Verhältnis meist auf den Werkzeugen und Meßgeräten angegeben ist.

Er wird fortgelassen, wenn er bei der Herstellung des Werkstücks nicht gebraucht wird, z. B. bei den Spitzen der Reißnadeln, Durchschläge usw.

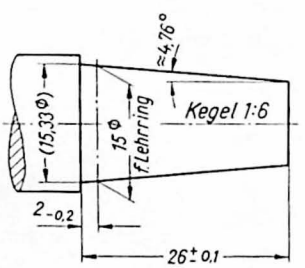
Statt des Kegels kann bei genormten Werkzeugen auch „Metrischer Kegel 50" bzw. „Morsekegel 2" oder kurz „Morse 2" eingeschrieben werden.



86.3 Außenkegel



86.4 Innenkegel



86.5 Angabe für Kegellehrring

Ist das zur Herstellung eines Kegels notwendige Prüfverfahren anzudeuten, so wird der Größtdurchmesser des Lehrrings strichpunktiert und sein Abstand von einer geeigneten Bezugsebene mit einem tolerierten Maß angegeben (86.3). Bei Hohlkegeln wird sinngemäß verfahren (86.4). Fällt der Nenndurchmesser eines Kegels nicht mit einer Kante am Werkstück zusammen, dann wird er als Lehrdurchmesser strichpunktiert eingetragen, sein Maß mit einem sinngemäßen Vermerk versehen und der Abstand von der Bezugsebene durch ein Maß festgelegt (86.5).

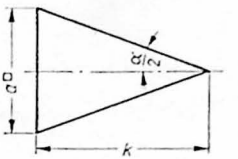
Die Neigung einzutragen, ist bei kegeligen Werkstücken selten erforderlich.

6.09 Verjüngung, Spitzenwinkel und Neigung (DIN 406)

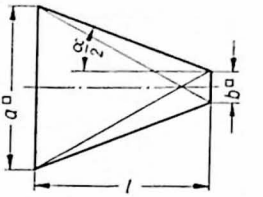
Die **Verjüngung** pyramidischer Werkstücke wird berechnet für

Pyramiden (87.1) $\frac{1}{x} = \frac{a}{k}$

Pyramidenstümpfe (87.2) $\frac{1}{x} = \frac{a-b}{l}$



87.1 Pyramide



87.2 Pyramidenstumpf

Der halbe Spitzenwinkel $\alpha/2$ wird

bestimmt für Pyramiden $\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{a}{2k}$ und für Pyramidenstümpfe $\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{a-b}{2l}$

An Hand des errechneten Tangenswertes wird der Winkel $\alpha/2$ aus der Tangenstafel abgelesen.

Die **Neigung** beträgt die Hälfte der Verjüngung und wird nach den gleichen Regeln berechnet wie der Tangens. Sie ist für

Pyramiden $\frac{1}{2x} = \frac{a}{2k}$ Pyramidenstümpfe $\frac{1}{2x} = \frac{a-b}{2l}$

Beispiel

Für einen 70 langen Pyramidenstumpf mit den Grundflächen 50□ und 30□ betragen die Verjüngung

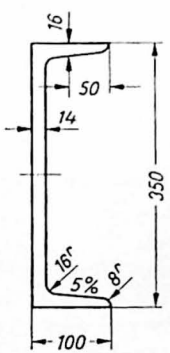
$$\frac{1}{2x} = \frac{a-b}{l} = \frac{50-30}{70} = \frac{20}{70} = \frac{1}{3{,}5} = 1:3{,}5$$

und die Neigung = die Hälfte der Verjüngung = 1 : 7 oder $14\frac{2}{7}$ %

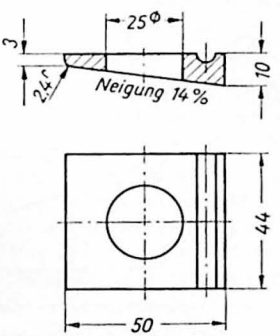
$$\tan\frac{\alpha}{2} \text{ ist } 1:7 \approx 0{,}1429, \quad \text{mithin } \frac{\alpha}{2} \approx 8°\,10'$$

In der Zeichnung werden die Verjüngung über die Mittellinie, die Neigung über die Seitenlinie gesetzt.

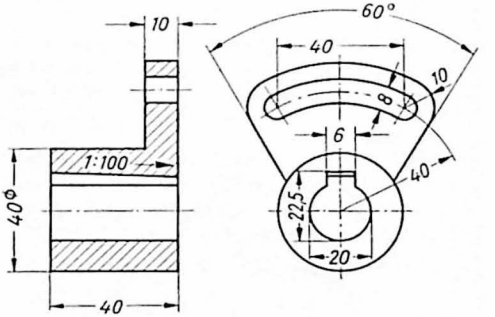
Auch bei pyramidischen Werkstücken ist die Eintragung der Neigung selten erforderlich. Häufiger ist die Eintragung der Neigung an schrägen Flächen anderer Werkstücke, wie Flanschen der Formstähle (87.3)



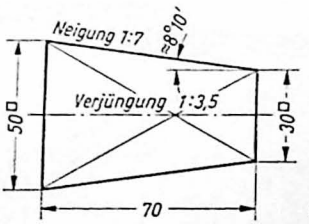
87.3 [-Stahl 350 DIN 1026



87.4 I-Scheibe 25 DIN 435



87.5 Anschlagnocken. Der neben der Neigung 1 : 100 angegebene Pfeil gibt die Richtung der Neigung an



Auflageflächen an Vierkantunterlegscheiben (87.4), Keilen (121.2), Keilnuten (87.5) usw. Ist aber zur Herstellung einer geneigten Fläche die Einstellung des Neigungswinkels an der Werkzeugmaschine erforderlich, dann muß dieser in der Zeichnung auch enthalten sein (88.1).

88.1 Eintragung der Verjüngung, der Neigung und des Neigungswinkels

6.10 Aufzeichnen von Winkeln und Neigungen

Winkel. Mit der Zeichenschiene und den üblichen Zeichendreiecken lassen sich Winkel zwischen 0° und 90° und darüber hinaus in den Abstufungen von 15° zu 15° zeichnen (4.3).

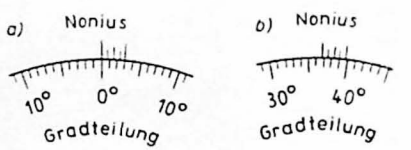
Mit der Zeichenmaschine können Winkel zwischen diesen Größen und auch Bruchteile eines Winkelgrades gezeichnet werden. Das ermöglicht der über der drehbaren Gradteilung am Kopf der Zeichenmaschine befindliche Nonius (88.2).

Sind 3° in vier Noniusteile unterteilt (88.2a), dann ist ein Noniusteil $^3/_4$° groß. Der Unterschied zwischen einem Noniusteil und 1° beträgt demnach $^1/_4$°. Zwischen zwei Noniusteilen und 2° besteht ein Unterschied von $^2/_4$° und zwischen drei Noniusteilen und 3° ein Unterschied von $^3/_4$°. Werden nun Nonius und Gradteilung gegeneinander um diese Differenz gedreht, dann ist ein Winkel von $^3/_4$° = 45′ zurückgelegt worden (88.2b). Mit einem solchen Nonius lassen sich also Winkel von $^1/_4$° zu $^1/_4$° abstufen.

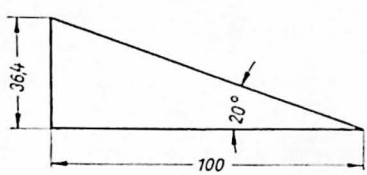
Der Tangens kann auch zum Aufzeichnen von Winkeln herangezogen werden (88.3). Es wird zunächst eine Gerade von 100 mm Länge gezeichnet und in einem Endpunkte eine Senkrechte errichtet. In der Zahlentafel wird der Tangenswert für den gewünschten Winkel aufgesucht (tan 20° = 0,364), mit 100 malgenommen und das Ergebnis (=36,4 mm) auf der Senkrechten abgetragen. Die Schlußlinie (Hypotenuse) des entstehenden Dreiecks und die 100 mm lange Kathete schließen den 20°-Winkel ein.

Der bekannte Winkelmesser, auch „Transporteur" genannt, dient nicht allein zum Messen, sondern auch zum Aufzeichnen der Winkel.

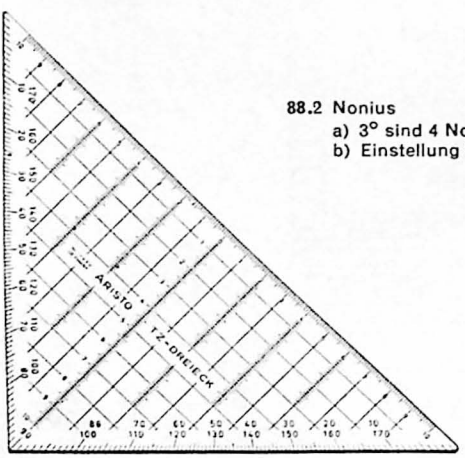
Mit dem TZ-Dreieck, dem Dreieck für technisches Zeichnen (88.4), in dem Gradskala, 45/90°-Zeichendreieck, Millimeterteilung, Schraffurlineal u. a. vereint sind, lassen sich vor-



88.2 Nonius
a) 3° sind 4 Noniusteile
b) Einstellung 36°45′



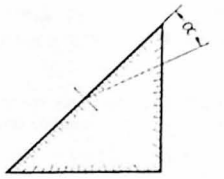
88.3 Aufzeichnen eines Winkels mit Hilfe des Tangens



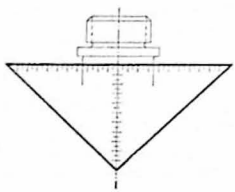
88.4 TZ-Dreieck (Aristo)

teilhaft Winkel und Strecken antragen und ablesen (**89.1**), Lote errichten und fällen, Parallele und symmetrische Formen (**89.2**) zeichnen und anderes mehr.

Auch mit Sehnenlängen können Winkel aufgezeichnet werden. Sie sind für 1···90° und 100 mm Kreishalbmesser in Tafeln zusammengestellt und in technischen Tabellenbüchern enthalten.

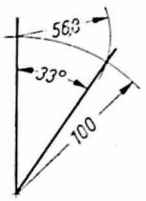


89.1 Winkel zeichnen



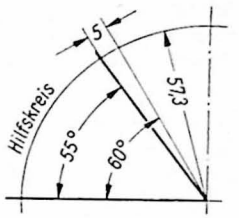
89.2 Symmetrische Formen zeichnen

Ein Winkel von z. B. $\alpha = 33°$ entsteht, indem auf einem Kreisbogen mit dem Halbmesser 100 mm die aus der Tabelle entnommene Sehnenlänge $s = 56{,}8$ mm angetragen und von den Endpunkten der Sehne Gerade nach dem Zirkeleinsatzpunkt gezogen werden (**89.3**). Wird an Stelle eines Kreises von 100 mm einer von 50 mm Halbmesser gewählt, dann sind die halben Sehnenlängen anzutragen.



89.3 Mit Hilfe des Sehnenmaßes gezeichneter Winkel

Mit Hilfe eines Kreises mit $r \approx 57{,}3$ mm werden Winkel aufgezeichnet, wenn Zeichenmaschine, Winkelmesser und Zahlentafeln nicht zur Verfügung stehen (**89.4**).



89.4 Mit Hilfe eines Hilfskreises gezeichneter Winkel

Sein Umfang beträgt $3{,}14 \cdot 2 \cdot 57{,}3 \approx 360$ mm, so daß zu einem Winkel von 1° eine Bogenlänge von etwa 1 mm gehört.

Soll z. B. ein Winkel von 55° aufgezeichnet werden, so wird die Zirkelöffnung auf 57,3 mm eingestellt und, nachdem ein Schenkel des Winkels gezogen ist, ein Kreisbogen um den Scheitelpunkt geschlagen. Dann wird mit dem Dreieck ein 60°-Winkel gezeichnet und auf dem Bogen des Hilfskreises in rückläufiger Richtung eine 5 mm lange Strecke ($\approx 5°$) mit dem Teilzirkel abgetragen. Durch Ziehen des zweiten Schenkels von diesem Punkte aus entsteht der 55°-Winkel. Das Verfahren liefert nur annähernd genaue Winkel.

Neigungen. Zum Aufzeichnen einer Neigung 1 : 5 wird am Ende einer 5 cm langen Geraden eine Senkrechte von 1 cm Länge errichtet. Die das Dreieck schließende Linie hat dann die gewünschte Neigung. Soll eine Neigung von 8 % gezeichnet werden, dann wird im Endpunkt einer 100 (50) mm langen Geraden eine Senkrechte von 8 (4) mm errichtet.

Anmerkung: Neigung und Steigung sind dasselbe; d. h., eine Neigung 1 : 10 ist auch eine Steigung 1 : 10. Die Steigung von 100 % liegt unter 45°. Steigung $1 : \infty$ (∞ bedeutet unendlich) ist eine Waagerechte.

6.11 Zeichnungsänderungen

Die Änderung eines Werkstücks hat auch die Änderung der Zeichnung zur Folge. Ist die Zeichnung noch nicht ausgegeben und die Herstellung des Teiles noch nicht begonnen worden, dann besteht keine andere Notwendigkeit als die Zeichnungsänderung selbst; andernfalls müssen weitergehende Maßnahmen getroffen werden.

Bei erheblichen Änderungen ist eine neue Zeichnung anzufertigen. In diesem Falle erhält das Schriftfeld der bisherigen Zeichnung einen Vermerk, z. B. „Ersetzt durch 20081/1", wobei die Zahl die Nummer der neuen Zeichnung bedeutet. Außerdem wird in das Schriftfeld der neuen Zeichnung eingetragen: „Ersatz für 20081". Auch die Stückliste muß berichtigt werden, da zu der Baugruppe nicht mehr das auf der Zeichnung 20081, sondern das auf 20081/1 dargestellte Werkstück gehört.

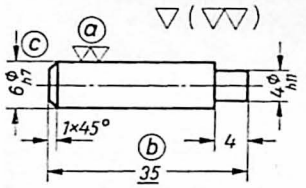
Kleine Änderungen werden unmittelbar auf der Zeichnung vorgenommen. Bei Berichtigung einer Maßzahl wird die bisher gültige durchgestrichen oder abradiert und die neue eingeschrieben. In der Nähe der Berichtigung wird ein Kleinbuchstabe in einen Kreis gesetzt.

Der Buchstabe wird mit dem Änderungsvermerk in die hierfür vorgesehene Spalte des Schriftfeldes geschrieben (**90.1**). Der Änderungsvermerk soll den Zustand vor und nach der Änderung erkennen lassen.

Es heißt also beispielsweise „25 statt 35" und nicht etwa: „Neues Maß 25". Die neue Maßzahl ist außerdem zu unterstreichen, wenn die Darstellung selbst nicht geändert wurde.

Unterstrichene Maßzahlen geben mithin an, daß die dazugehörigen Abmessungen ausnahmsweise nicht maßstäblich dargestellt sind.

Bei Zeichenbogen mit Feldeinteilung (s. S. 62) werden in die Spalte „Änderung" die Nummer der Änderungsmitteilung und die Bezeichnung des Feldes eingesetzt, in dem die Änderung erfolgte (**90.2**), und in die Spalte „Ausgabe" laufende Nummern eingetragen, die die Reihenfolge der Änderungszustände angeben. Bei Bedarf können auch mehrere Zeilen für eine Änderung benutzt werden.



Angaben in der Zeichnung

c	h7 statt h11	7.8.59	FB
b	35 statt 25	7.8.59	FB
a	▽▽ statt ▽	3.7.59	FB
Buchstabe	Änderung	Tag	Name

Angaben im Schriftfeld

2	98/59	8.7.59	FB
1	298/58	9.9.58	FB
Ausgabe	Änderung	Tag	Name

90.1 Zeichnungsänderungen

90.2 Änderungsvermerke bei Verwendung eines Zeichenbogens mit Feldeinteilung

Organisatorische Maßnahmen. Die verbesserten Zeichnungen werden meist mit besonderen Änderungsmitteilungen ausgegeben. Sie enthalten nähere Angaben über die Änderungen und Anweisungen, welche Maßnahmen in ihrem Verfolg zu treffen sind. Durch solche Anordnungen können z. B. bereits ausgegebene Lichtpausen eingezogen und die Fertigung der betreffenden Teile unterbrochen werden.

Voraussetzung für die Rückgabe der Lichtpausen ist eine Übersicht über die Stellen, die sie einst erhielten. Zu diesem Zwecke wird vorteilhaft eine Kartei geführt, in der sich für jede Zeichnung eine Karte befindet. Auf der Karte sind eingetragen: Nummer der Zeichnung und der Lichtpausen, Ausgabedatum, Empfänger und ein Quittungsvermerk.

Weitere Anordnungen können je nach Lage des Falles auf Änderung des Gießmodells, auf Aussonderung oder anderweitige Verwendung bereits fertiger, teilweise fertiger oder eingebauter Teile, auf Abänderung von Aufträgen für Unterlieferanten, auf Preis- und Katalogberichtigungen usw. lauten.

Zeichnungsänderungen unterliegen nicht der Normung; sie können auch in anderer als der hier beschriebenen Form durchgeführt werden.

Zeichnungsänderungen in Verbindung mit Vervielfältigungsverfahren s. S. 223.

7 Toleranzen

7.1 Abmaße in Zahlen

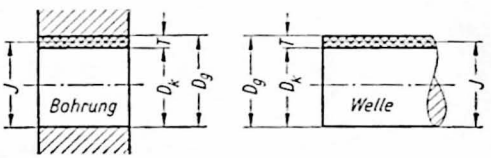
7.11 Grundbegriffe (DIN 7182)

Ein in der Zeichnung vorgeschriebenes Maß, z. B. 50 mm, kann bei der Herstellung nicht genau eingehalten werden. Stets wird die Abmessung am Werkstück, das Istmaß J, kleiner oder größer sein (**91.1**). Zum Begrenzen der Abweichung werden, wenn nötig, zwei Maße festgelegt, zwischen denen das Istmaß beliebig liegen darf. Sie heißen Grenzmaße. Das größere ist das Größtmaß und das kleinere das Kleinstmaß. Bei Durchmessern werden sie mit D_g (= Durchmessergrößtmaß) und D_k (= Durchmesserkleinstmaß) und bei Längen sinngemäß mit L_g und L_k bezeichnet. Der Unterschied zwischen dem Größtmaß und dem Kleinstmaß heißt Maßtoleranz T.

Beispiel

Durchmessergrößtmaß	D_g	= 50,05 mm
Durchmesserkleinstmaß	D_k	= 49,98 mm
Maßtoleranz	T	= 0,07 mm

Die kreuzschraffierten Flächen in der Zeichnung, die durch das Größt- und Kleinstmaß begrenzt werden, heißen Toleranzfelder.



91.1 Istmaß, Größtmaß, Kleinstmaß, Toleranz

Die Größe einer Toleranz wird durch die Feldhöhe ausgedrückt und richtet sich nach dem Verwendungszweck des Werkstücks. Sie soll nicht unnötig klein sein, da sich die Herstellung durch übertriebene Maßgenauigkeit verteuert.

Die Grenzmaße dürfen an keiner Stelle des Werkstücks über- bzw. unterschritten werden, doch sind Abweichungen von der geometrischen Form zwischen dem Größt- und dem Kleinstmaß zulässig. Eine vorgeschriebene, zylindrische Form kann daher im Rahmen der Toleranz krumm, ballig, kegelig usw. sein.

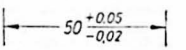
Beide Grenzmaße werden in der Zeichnung durch Nennmaß und Abmaße festgelegt (**91.2**). Das Nennmaß N ist das Hauptmaß, auf welches die Abmaße bezogen werden. Oberes Abmaß A_o ist der Unterschied zwischen dem Größtmaß D_g und dem Nennmaß N, unteres Abmaß A_u der zwischen dem Kleinstmaß D_k und dem Nennmaß N.

Beispiel

Nennmaß	N	= 50 mm
Größtmaß	D_g	= 50,05 mm
Kleinstmaß	D_k	= 49,98 mm

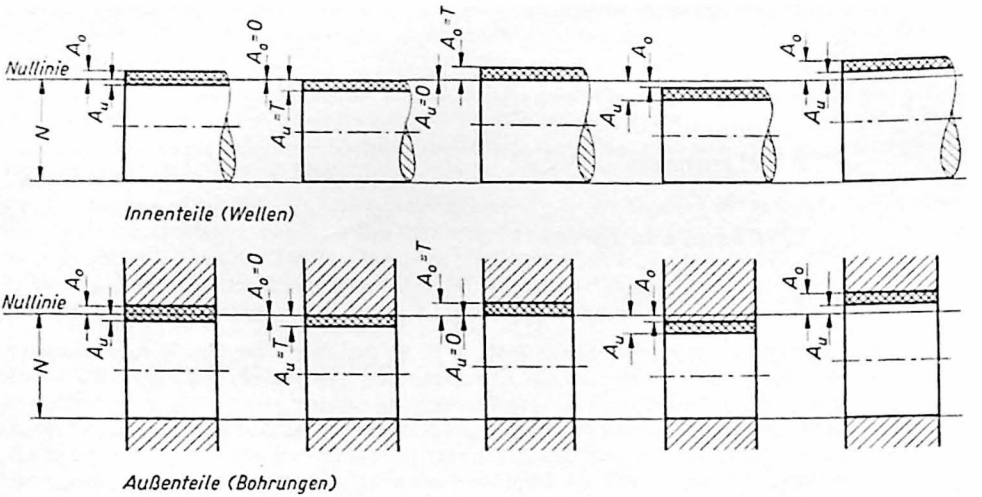
Dann ist das obere Abmaß	$A_o = D_g - N$	= 50,05 − 50 = + 0,05 mm
und das untere Abmaß	$A_u = D_k - N$	= 49,98 − 50 = − 0,02 mm

Hieraus ergibt sich, daß die Abmaße Vorzeichen (+ oder —) haben. Nennmaß und Abmaße stellen das Paßmaß dar (**91.2**).



91.2 Paßmaß

Alle Abmaße werden von der Nullinie aus aufgebaut, die durch das Nennmaß N festgelegt wird (**92.1**). Die beiden Abmaße bestimmen nicht nur die Größe der Toleranz, sondern auch die Lage der Toleranz zur Nullinie.



92.1 Aufbau der Abmaße

7.12 Eintragen der Abmaße (DIN 406)

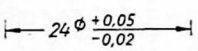
Die Abmaße werden in kleineren Zahlen, jedoch nicht unter 2 mm Höhe, hinter das Nennmaß geschrieben.

Durchmesser-, Halbmesser-, Quadrat-, Grad- und Zollzeichen stehen unmittelbar hinter dem Nennmaß.

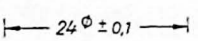
Ohne Rücksicht auf Vorzeichen wird das obere Abmaß über und das untere unter die Maßlinie gesetzt (92.2).

Gleich große Abmaße sind in der Maßzahllücke zu einer Zahl mit beiden Vorzeichen zusammenzufassen (92.3).

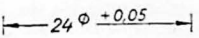
Das Abmaß 0 (Null) wird fortgelassen (92.4).

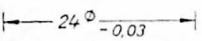


92.2 Das obere Maß steht über dem unteren



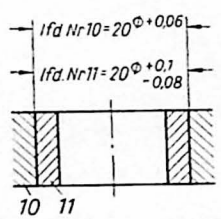
92.3 Gleich große Abmaße



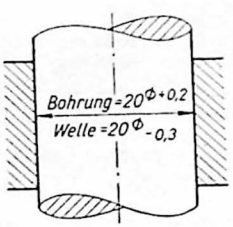


92.4 Das Abmaß 0 entfällt, das obere oder das untere allein genügt

Maße an Außenteilen sind Innenmaße (Bohrungsdurchmesser) und Maße an Innenteilen Außenmaße (Wellendurchmesser).



92.5 Paßmaße für Außen- und für Innenteil



92.6 Zusammenfassung zweier Maße

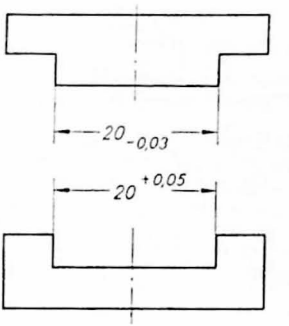
Bei ineinandergesteckt gezeichneten Werkstücken steht das Maß für das Außenteil über dem Maß für das Innenteil (92.5).

Die Zuordnung der Maße wird durch Wortangaben, z. B. Bohrung, Welle, Gabel, Kloben, lfd. Nr 10, lfd. Nr 11, gekennzeichnet.

Ist für jedes Teil nur ein Abmaß erforderlich, weil das andere 0 ist, dann wird nur eine Maßlinie gezogen (92.6).

Gutmaß ist das bei der Fertigung zuerst erreichte Grenzmaß. Es läßt die Wegnahme von Werkstoff innerhalb der Toleranz noch zu, wird gewöhnlich als Nennmaß gewählt und hat demgemäß das Abmaß 0. Das Gutmaß für das Innenteil (**93.1**) ist mithin 20,0 und das Gutmaß für das Außenteil ebenfalls 20,0. Das andere Grenzmaß wird als Ausschußmaß bezeichnet, weil bei seiner Überschreitung an Außenteilen oder Unterschreitung an Innenteilen der Toleranzbereich verlassen wird und Ausschuß entsteht. Ausschußmaß ist mithin stets das bei der Fertigung zuletzt erreichbare Maß.

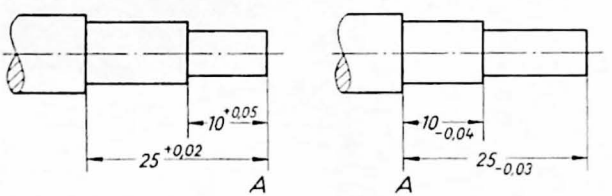
Bei Außenteilen erhält demgemäß das (obere) Abmaß das Vorzeichen + (**93.1**). Bei Innenteilen hingegen wird das Größtmaß als Nennmaß eingetragen, und das (untere) Abmaß trägt das Vorzeichen —. In beiden Fällen legen die Abmaße also die Ausschußmaße fest und sind zugleich die Toleranzen.



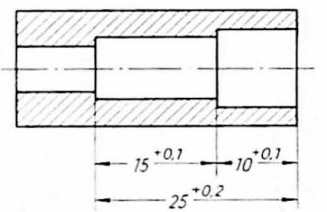
93.1 Ausschußmaße sind 19.97 und 20.05

Absatzmaße können je nach Wahl der Maßbezugsebene als Innen- oder als Außenmaße aufgefaßt werden. Tolerierte Absatzmaße gehen gewöhnlich von einer Maßbezugsebene aus (**93.2**). Sie ist in den Bildern mit „*A*" gekennzeichnet, wird aber in Zeichnungen nicht angegeben. Je nach Lage der Maßbezugsebene erhalten die Absatzmaße das Vorzeichen + oder —.

Maßketten. Aneinandergereihte Maße bilden eine Maßkette. Die einzelnen Maße der Maßkette und das Gesamtmaß dürfen nicht toleriert werden, wenn dadurch die Gefahr des Ausschußwerdens bei der Fertigung entsteht (**93.3**).



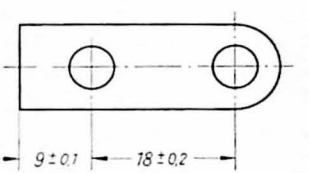
93.2 Die Vorzeichen richten sich nach Lage der Maßbezugsebene



93.3 Falsche Bemaßung

Würde z. B. zuerst das Maß ($25^{+0,2}$) mit der Summentoleranz (+ 0,2) auf das Kleinstmaß = 25 und eines der Kettenmaße (z. B. $10^{+0,1}$) auf das Größtmaß = 10,1 gebracht, dann würden für das andere Maß nur 25 — 10,1 = 14,9 übrigbleiben. Die risikolose Herstellung des Teils ist also ausgeschlossen.

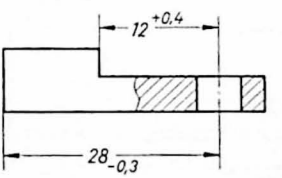
Mittenentfernungen werden gleichmäßig nach + und nach — toleriert (**93.4**).



93.4 Tolerierte Lochabstände

Auch für den Abstand einer Lochmitte von einer zuvor bearbeiteten Kante ist die Maßtoleranz gewöhnlich nach beiden Seiten gleich groß (**93.4**).

Wird aber der Abstand einer Fläche von der Lochmitte aus bestimmt, so gibt die Lochmitte die Maßbezugsebene an (**93.5**). Bei beiden Maßen ist mithin das bei der Bearbeitung zuerst erreichte Maß, das Gutmaß, als Nennmaß einzutragen und das Ausschußmaß durch ein Abmaß festzulegen.

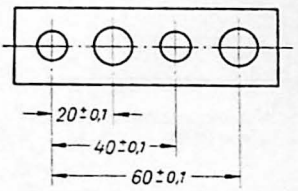


93.5 Lochmitte als Maßbezug

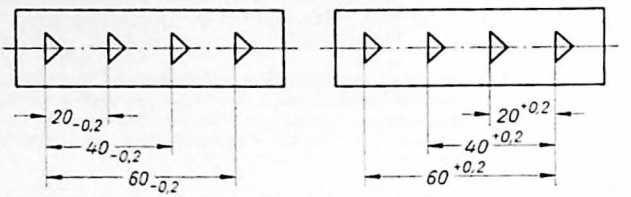
Tolerierte Abstände einzelner Löcher voneinander werden meist von einer Lochmitte aus bemaßt (**94.1**).

Hierbei ist die Maßtoleranz für die Teilung zweier benachbarter Löcher, abgesehen von der ersten Teilung, gleich der Summe der Toleranzen, die zu den Maßen der betreffenden Löcher gehören.

Löcher ohne Mittenkennzeichnung werden von Kante zu Kante bemaßt (**94.2**). Die Maßtoleranzen erhalten wieder je nach Lage der Maßbezugsebene entweder das Vorzeichen + oder —.



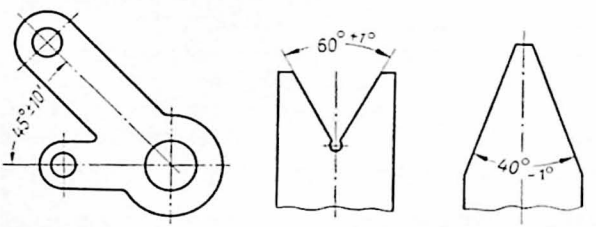
94.1 Von einer Lochmitte aus bemaßte Teilungen



94.2 Von verschiedenen Lochkanten aus bemaßte Teilungen

Winkeltoleranzen werden nach Bild **94.3** eingetragen. Damit man sich über ihre Auswirkung klar wird, ist die Überprüfung in Längentoleranzen empfehlenswert.

Bei einseitigen Schwankungen des Istmaßes werden das betreffende Grenzmaß und der Zusatz „Größtmaß" bzw. „Kleinstmaß" etwas kleiner als die Maßzahl, aber nicht kleiner als 2 mm eingetragen (**94.4**).

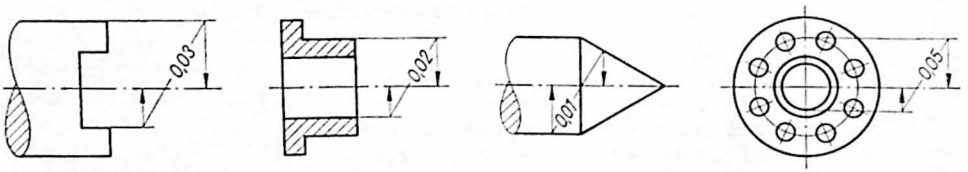


94.3 Eintragung der Winkeltoleranzen

94.4 Einseitige Toleranzbegrenzung

Mittigkeiten. Werden höhere Anforderungen an die Mittengenauigkeit eines Werkstücks gestellt, als sich in der Fertigung üblicherweise erreichen läßt, dann wird der Mittigkeitsversatz mit einer Maßtoleranz an einem doppelt geknickten Linienzug eingeengt (**94.5**).

Er endet beiderseits der Mittellinie mit entgegengesetzt gerichteten Maßpfeilen. Die Knickstellen liegen auf je einer Begrenzungslinie der beiden Maße, deren Mittenabweichung durch die Maßtoleranz begrenzt wird. Das Nennmaß für die Mittenabweichung beträgt immer 0 (Null), wird aber nicht angegeben, sondern nur das Abmaß ohne Vorzeichen. Es gibt im ersten Beispiel (**94.5**) die zulässige Abweichung zwischen Mitte Schaft und Mitte Schlitz mit 0,03 mm an. Der Stirnschlag ist mithin doppelt so groß.



94.5 Mittigkeitstoleranzen

7.2 Passungen

7.21 Bedeutung und Entstehen

Einheitliche Bauformen und Massenherstellung in Spezialbetrieben erleichtern die Deckung des Bedarfs und wirken preisverbilligend. Die Einzelteile müssen aber wahllos einbaufertig und untereinander willkürlich austauschbar sein, sollen also ohne Nacharbeit so passen, wie es der verlangte Zweck erfordert.

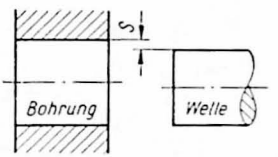
Kurz nach dem ersten Weltkriege wurden in Deutschland Passungen, die DIN-Passungen, eingeführt und von einigen Ländern Europas übernommen. Andere Länder besaßen eigene Passungen. Seit 1928 wurde die Normung von der ISA (International Federation of the National Standardizing Associations), einer Dachorganisation der Normenausschüsse vieler Länder, beeinflußt, die die international gültigen ISA-Passungen herausgab. Als Nachfolgerin der ISA entstand 1947 die ISO (International Organization for Standardization), was etwa „Internationaler Normenausschuß" bedeutet; sie hat die ISA-Passungen übernommen.

7.22 Grundbegriffe (DIN 7182)

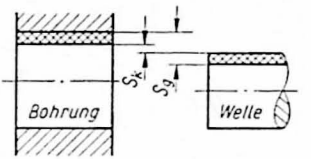
Die beiden zusammengehörigen Werkstücke heißen **Paßteile.** Das Außenteil umschließt das Innenteil. Bohrungen sind daher Außenteile und Wellen Innenteile. Bohrungen und Wellen haben zylindrische Paßflächen und ergeben Rundpassungen. Flachpassungen werden von ebenen Paßflächenpaaren gebildet. Zusammengehörige Paßteile haben je nach Lage des Maßunterschiedes Spiel oder Übermaß.

Spiel S ist der Unterschied zwischen dem Innenmaß des Außenteils und dem Außenmaß des Innenteils, wenn das Innenmaß größer ist (95.1).

Der Unterschied zwischen dem Größtmaß des Außenteils und dem Kleinstmaß des Innenteils heißt Größtspiel S_g (95.2). Mit Kleinstspiel S_k wird der Unterschied zwischen dem Kleinstmaß des Außenteils und dem Größtmaß des Innenteils bezeichnet.



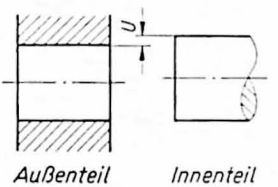
95.1 Spiel S



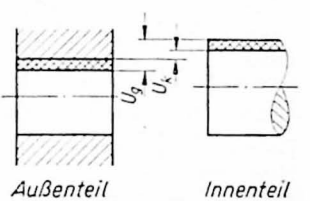
95.2 Größtspiel S_g und Kleinstspiel S_k

Übermaß U ist der Unterschied zwischen Innenmaß des Außenteils und Außenmaß des Innenteils, wenn das Innenmaß kleiner ist (95.3).

Der Unterschied zwischen dem Größtmaß des Innenteils und dem Kleinstmaß des Außenteils heißt Größtübermaß U_g (95.4). Mit Kleinstübermaß U_k wird der Unterschied zwischen dem Kleinstmaß des Innenteils und dem Größtmaß des Außenteils bezeichnet.



95.3 Übermaß U



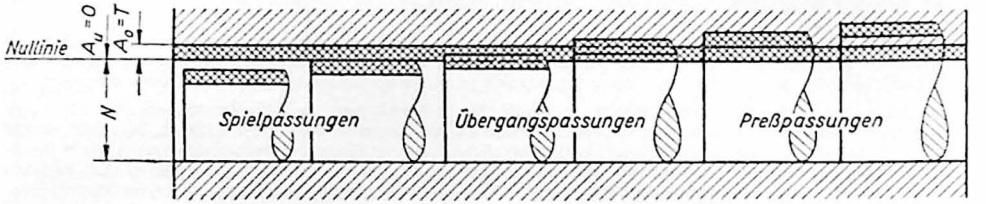
95.4 Größtübermaß U_g und Kleinstübermaß U_k

Die **Paßtoleranz** ist die Summe der Maßtoleranzen von Außenteil und Innenteil oder gleich Größtspiel S_g — Kleinstspiel S_k oder Größtübermaß U_g — Kleinstübermaß U_k oder bei Übergangspassungen (s. unten) Größtspiel S_g + Größtübermaß U_g.

7.23 Paßsysteme

Unterschiede in den Größen der Spiele und Übermaße ergeben verschiedene Passungen. Eine sinnvoll aufgebaute Reihe Passungen heißt Paßsystem. Es bestehen gleichberechtigt nebeneinander die Paßsysteme Einheitsbohrung und Einheitswelle; mit jedem ist der gleiche Zweck erreichbar.

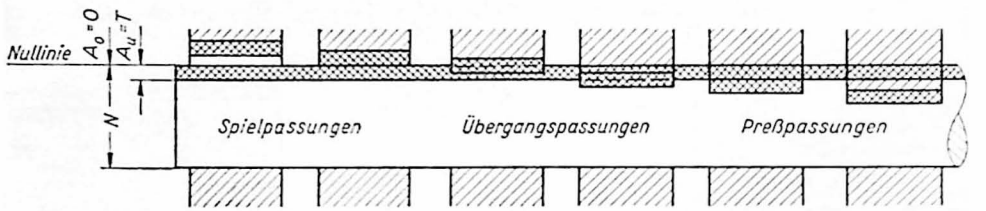
Im System **Einheitsbohrung** ist die Bohrung für die Passungen desselben Nenndurchmessers gleich groß (96.1). Die für die verschiedenen Passungen erforderlichen Spiele und Übermaße entstehen durch kleinere oder größere Wellendurchmesser.



96.1 System Einheitsbohrung

Bei der Einheitsbohrung fällt die Nullinie mit dem Kleinstmaß der Bohrung zusammen. Demgemäß ist deren unteres Abmaß A_u gleich Null und das obere Abmaß A_o gleich der Maßtoleranz T der Bohrung.

Im System **Einheitswelle** ist die Welle für alle Passungen desselben Nenndurchmessers gleich groß (96.2). Die für die verschiedenen Passungen erforderlichen Spiele und Übermaße entstehen durch größere oder kleinere Bohrungsdurchmesser.



96.2 System Einheitswelle

Bei der Einheitswelle liegt die Nullinie im Größtmaß der Welle. Mithin ist deren oberes Abmaß A_o gleich Null und das untere Abmaß A_u gleich der Maßtoleranz T der Welle.

Passungen beider Systeme mit dem Kleinstspiel 0 oder größer werden Spielpassungen genannt, weil sie nach dem Zusammenfügen der Teile stets Spiel haben. Dagegen sind alle Passungen mit dem Kleinstübermaß 0 oder größer Preßpassungen, weil beim Zusammenfügen der Teile stets eine Pressung auftritt.

Zwischen Spielpassungen und Preßpassungen liegen die Übergangspassungen. Sie haben entweder Spiel oder Übermaß, ergeben also entweder eine Spiel- oder eine Preßpassung, je nachdem wie die Istmaße der zusammengehörigen Teile in der Fertigung ausgefallen sind.

7.24 Aufbau des ISA-Toleranzsystems (DIN 7150)

ISA-Passungen sind vorerst für die Abmessungen über 1,6 bis 500 mm festgelegt. Diese sind in 13 Nennmaßbereiche eingeteilt, und zwar

über 1,6··· 3 mm		
über 3··· 6 mm	über 30··· 50 mm	über 180···250 mm
über 6···10 mm	über 50··· 80 mm	über 250···315 mm
über 10···18 mm	über 80···120 mm	über 315···400 mm
über 18···30 mm	über 120···180 mm	über 400···500 mm

Einige Bereiche sind für große Spiele und große Übermaße unterteilt (s. S. 101).

Die Größen aller Maßtoleranzen werden in µm ausgedrückt (1 µm = 1 Mikrometer = 0,001 mm und sind aus der internationalen Toleranzeinheit *i* entstanden.

Sie wird nach der Gleichung berechnet:

$$i = 0{,}45 \sqrt[3]{D} + 0{,}001 \cdot D \quad \text{mit} \quad \text{in } \mu\text{m und } D \text{ in mm}$$

Der Wert D wird als geometrisches Mittel der beiden Grenzwerte eines Nennmaßbereichs eingesetzt. Liegen diese z. B. bei 80 und 120 mm, dann wird

$$D = \sqrt{80 \cdot 120} = \sqrt{9600} \approx 98 \text{ mm}$$

Die den Maßtoleranzen dieses Nennmaßbereichs zugrunde liegende Toleranzeinheit ist demnach

$$i = 0{,}45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0{,}001\, D = 0{,}45 \cdot \sqrt[3]{98} + 0{,}001 \cdot 98 \approx 0{,}45 \cdot 4{,}61 + 0{,}098 \approx 2{,}173 \ \mu\text{m}$$

Die Toleranzeinheit ist mithin von den Grenzwerten eines Nennmaßbereichs abhängig und nimmt entsprechend dem Wachsen der Grenzwerte für jeden folgenden Nennmaßbereich einen höheren Wert an.

Die Größen der Maßtoleranzen sind in Qualitäten abgestuft. Mit dem Begriff Qualität wird der Gütewert der Maßtoleranz, die Maßgenauigkeit des Werkstücks, ausgedrückt. Es bestehen 18 Qualitäten. Zur Qualität 1 gehören die kleinsten und zur Qualität 18 die größten Maßtoleranzen der einzelnen Nennmaßbereiche. Diese Maßtoleranzen heißen Grundtoleranzen (DIN 7151). Die Gesamtheit der sich über alle Nennmaßbereiche erstreckenden Grundtoleranzen einer Qualität heißt Grundtoleranzenreihe.

In Anlehnung an die Qualitätszahlen tragen die Grundtoleranzenreihen die Bezeichnungen IT 1 bis IT 18 (**IT** = **I**SA-**T**oleranzenreihe). Die Grundtoleranzenreihen sind ab IT 6 das Vielfache der Toleranzeinheit i und so gestuft, daß jede Qualität 60 % mehr Toleranzeinheiten hat als die vorangehende.

Grundtoleranzenreihe	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
Anzahl der Toleranzeinheiten (i)	≈ 7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

Ferner sind die Werte von IT 11 bis IT 18 das Zehnfache der Werte von IT 6 bis IT 13. Die Grundtoleranz z. B. für die Qualität 9 und für den Nennmaßbereich 80 bis 120 mm wird durch Malnehmen der für diesen Bereich berechneten Toleranzeinheit $i = 2{,}173\ \mu$m mit der für IT 9 geltenden Anzahl Toleranzeinheiten ($= 40$) ermittelt: $2{,}173 \cdot 40 \approx 87\ \mu$m. Nach diesem Beispiel sind die Grundtoleranzen von IT 6 bis IT 18 aufgestellt worden, für die übrigen gelten andere Regeln.

Die Grundtoleranzenreihen IT 1 bis IT 7 sind überwiegend für die Lehrenherstellung vorgesehen. IT 5 bis IT 12 gelten besonders für Passungen an spanbearbeiteten Werkstücken und IT 12 bis IT 18 für gröbere Herstellungstoleranzen (Walzen, Ziehen, Pressen, Schmieden, Stanzen u. a.).

7.25 Bezeichnung der ISA-Toleranzen (DIN 7150)

Die Größe eines Toleranzfeldes wird entsprechend der Reihe, in die es gehört, mit einer der Qualitätszahlen von 1 bis 18 gekennzeichnet.

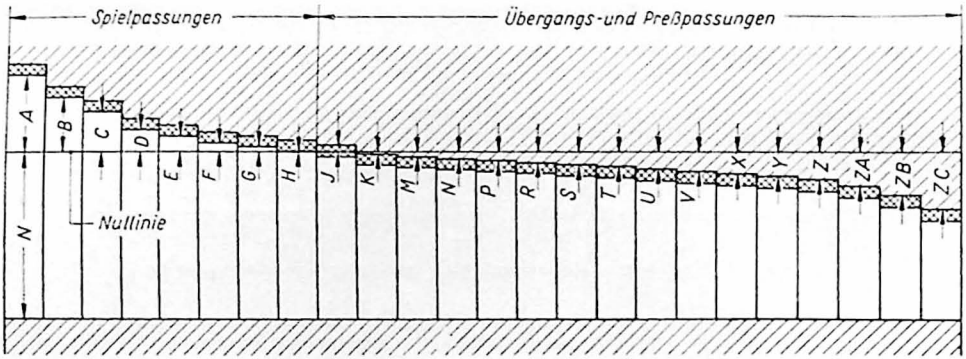
Die Lage der Toleranzfelder zur Nullinie wird durch Buchstaben angegeben.

Außenteile (Bohrungen) erhalten die Großbuchstaben A bis Z (**98.1**) und Innenteile (Wellen) die Kleinbuchstaben a bis z (**98.2**). Sie gelten für den kürzesten Abstand der Toleranzfelder von der Nullinie, gleichgültig ob sie darüber oder darunter liegen.

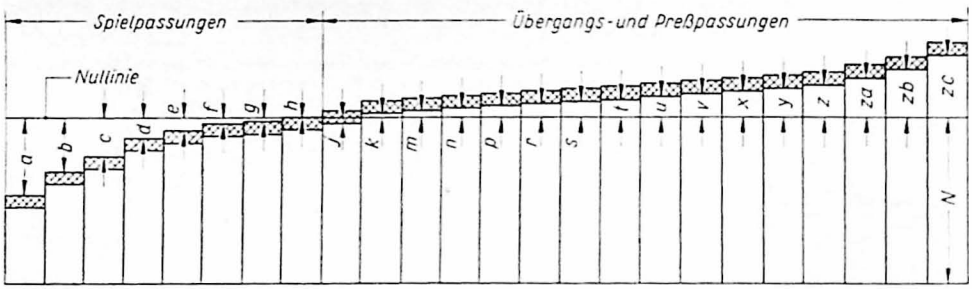
I, L, O, Q, W, i, l, o, q und w schieden jedoch zur Kennzeichnung aus, weil sie anfangs nicht gebraucht wurden.

Für später angefügte Toleranzen sind die Bezeichnungen ZA, ZB, ZC, za, zb und zc gewählt worden.

Der Buchstabe und die dahinterstehende Zahl bilden das Kurzzeichen, z. B. „H7" oder „m6". Es legt Größe und Lage des Toleranzfeldes eindeutig fest.



98.1 Toleranzfelder für Außenteile (Bohrungen)



98.2 Toleranzfelder für Innenteile (Wellen)

7.26 Auswahlsysteme nach DIN 7154 und 7155

Aus der Vielzahl der möglichen Größen und Lagen der Toleranzfelder für Außen- und für Innenteile, die beliebig miteinander gepaart werden können, ergeben sich zahlreiche, unterschiedliche Passungen. Mit Rücksicht auf geringe Kosten für Werkzeuge und Meßgeräte wird jedoch eine Auswahl empfohlen.

Sie berücksichtigt den Grundsatz der Einheitsbohrung und der Einheitswelle und bezieht sich auf bestimmte Qualitäten und Toleranzfeldabstände.

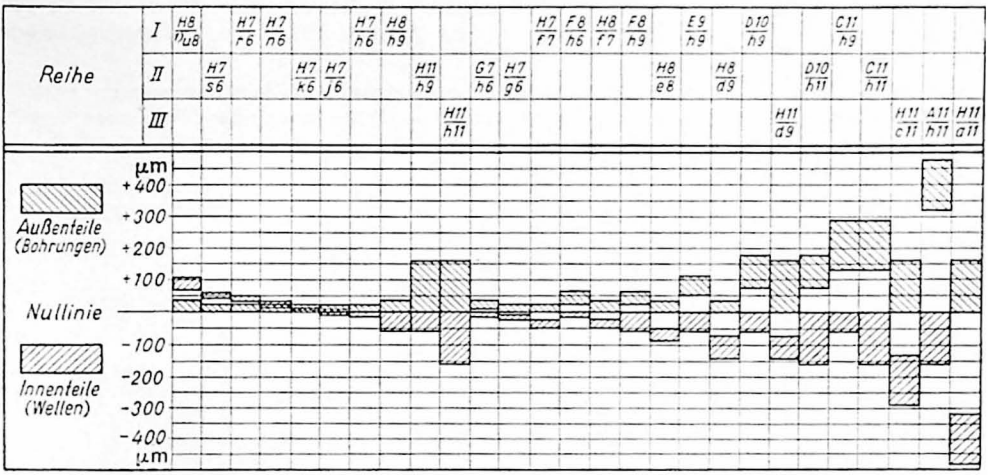
Für das Paßsystem Einheitsbohrung sind die acht Bohrungen (Außenteile) H6 bis H13 ausgewählt worden (DIN 7154). Zu jeder Einheitsbohrung, deren Toleranzfeld auf der Nullinie steht, gehören mehrere Wellen (Innenteile) mit größeren und kleineren Durchmessern. Alle Passungen mit der gleichen Einheitsbohrung bilden eine Passungsfamilie.

Für das System Einheitswelle sind entsprechend die acht Wellen (Innenteile) h5, h6 und h8 bis h13 ausgewählt worden (DIN 7155), deren Toleranzfelder an der Nullinie hängen. Auch sie bilden mit je einer Reihe Bohrungen (Außenteile) Passungsfamilien.

Im System Einheitsbohrung ergeben die Bohrung H mit den Wellen a bis h und im System Einheitswelle die Welle h mit den Bohrungen A bis H Spielpassungen (98.1 und 2). Die nachfolgenden Buchstaben kennzeichnen Übergangspassungen und die letzten Buchstaben des Alphabets Preßpassungen. Zwischen Übergangs- und Preßpassungen ist aber eine Trennung bei einem bestimmten Buchstaben nicht möglich, weil es von den Istmaßen abhängt, ob sich eine Übergangs- oder eine Preßpassung ergibt.

7.27 Auswahlsystem nach DIN 7157

Zur weiteren Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in Konstruktion und Fertigung ist eine noch engere Auswahl von Passungen aus beiden Systemen, Einheitsbohrung und Einheitswelle, zusammengestellt worden (**99.1**). Sie reicht für die meisten Zwecke aus. Andere Passungen sollen nur in Ausnahmefällen benutzt werden.



1) x8 bis 24mm, u8 über 24mm Nennmaß

99.1 Ausgewählte Passungen nach DIN 7157, dargestellt für Nennmaß 50 mm

Die ausgewählten Passungen sind wie folgt zusammengestellt: Reihe I aus Toleranzfeldern der Reihe 1 (s. S. 101), Reihe II aus Toleranzfeldern der Reihen 1 und 2 und Reihe III nur aus Toleranzfeldern der Reihe 2. Es ist aber auch jede beliebige Paarung innerhalb der Reihen möglich. Für besondere Zwecke können auch andere Toleranzfelder gebildet werden (DIN 7152). Das Istmaß einer mit dem Spiralbohrer hergestellten Bohrung liegt gewöhnlich innerhalb der Toleranz H11.

Die Zahlentafel (s. S. 101) enthält die Abmaße zum Bestimmen von Toleranzen und Passungsmaßen.

Beispiel

Rundpassung 60 $\frac{F8}{h9}$	Bohrung F8	Welle h9	Passung
oberes Abmaß	(+ 76 µm =) +0,076	(0 =) 0	
unteres Abmaß	(+ 30 µm =) +0,03	(−74 µm =) −0,074	
Größtmaß	60 + 0,076 = 60,076	60 ± 0 = 60	
Kleinstmaß	60 + 0,03 = 60,03	60 − 0,074 = 59,926	
Maßtoleranz	60,076 − 60,03 = 0,046	60 − 59,926 = 0,074	
Größtspiel			60,076 − 59,926 = 0,15
Kleinstspiel			60,03 − 60 = 0,03
Paßtoleranz			0,15 − 0,03 = 0,12

7.28 Eintragen der Kurzzeichen für ISA-Toleranzfelder

Kurzzeichen werden den Nennmaßen beigegeben, wenn

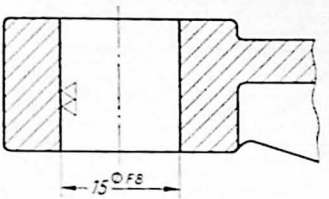
1. die Abmaße in dem genormten Toleranzsystem enthalten sind
2. das Nennmaß ein Normmaß nach DIN 3 (s. S. 78) ist und
3. das Messen mit festen (Grenz-) Lehren oder anzeigenden Meßgeräten möglich ist.

Bei Absatzmaßen (93.2), Lochmittenabständen (94.1) und Mittigkeiten (94.5) sind Kurzzeichen nicht anwendbar. Die Toleranzen hierfür werden durch Abmaße bestimmt.

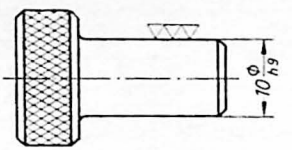
Die Kurzzeichen werden stets hinter das Nennmaß geschrieben. Beide zusammen bilden das Paßmaß. Kurzzeichen sind nicht so hoch wie die Maßzahl, doch nicht kleiner als 2 mm. Durchmesserzeichen und Quadratzeichen haben ihnen gegenüber den Vorrang.

Die Kurzzeichen für Innenmaße (mit Großbuchstaben) stehen höher (100.1) und die für Außenmaße (mit Kleinbuchstaben) tiefer als die Maßzahl (100.2). Die Maßlinie reicht bis zum Nennmaß.

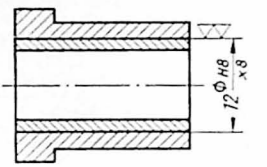
Innenmaß und Außenmaß bei ineinandergesteckt gezeichneten Paßteilen haben eine gemeinsame Maßlinie (100.3). Hierbei werden die Kurzzeichen für die Innenmaße über denen für die Außenmaße angeordnet.



100.1 Paßmaß für Innenmaß



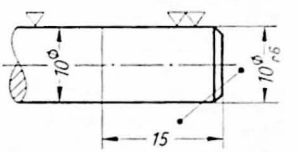
100.2 Paßmaß für Außenmaß



100.3 Kurzzeichen für Innenmaße stehen über denen für Außenmaße

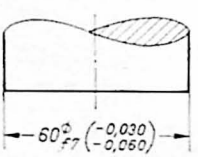
Erstreckt sich die Toleranzangabe nur auf einen Teil einer Oberfläche, so ist dieser Teil nach Bild 100.4 zu bemaßen.

Die Kurzzeichen beziehen sich nur auf die Maßgenauigkeit der Werkstücke, nicht aber auf die Oberflächenbeschaffenheit. Für diese sind zusätzlich Oberflächenangaben erforderlich. Einer feinen Toleranz kann zwar eine grobe Oberfläche nicht zugeordnet werden, wohl aber einer groben Toleranz eine feine Oberfläche. Es kann daher sinnvoll sein, zu einer vorgesehenen Toleranz angemessene Rauheitsmaße (S. 67) festzulegen.



100.4 Bemaßter Toleranzbereich

Ist die Angabe der Abmaße für die Toleranzen erwünscht, dann sind sie in mm in Klammern den Kurzzeichen beizufügen (100.5). Die Abmaße für alle in der Zeichnung enthaltenen Paßmaße können auch in einer besonderen Tafel (100.6) neben oder über dem Schriftfeld oder in Feld 13 des Schriftfeldes (61.2) oder an anderer Stelle, vielleicht als Stempeldruck, eingetragen werden. Sind statt der Abmaße Größtmaße und Kleinstmaße anzugeben, dann werden diese eingesetzt (197.1).



100.5 Zusätzliche Angabe der Abmaße

Paßmaß	Abmaße
$32^{\varnothing}_{h6}$	$\begin{matrix}0\\-0{,}016\end{matrix}$
$18^{\varnothing\,D10}$	$\begin{matrix}+0{,}120\\+0{,}050\end{matrix}$

100.6 Passungstafel

Da Passungsmaße auch bei galvanisierten Teilen (s. S. 82) den Endzustand angeben, sind in der vorangehenden Fertigung bei Innenteilen Untermaße und bei Außenteilen Übermaße einzuhalten.

Für Neukonstruktionen kommen lediglich ISA-Passungen in Betracht. DIN-Passungen gelten nur noch für Sonderanfertigungen. DIN 2061 enthält die Abmaße für die Paßsysteme Einheitsbohrung und Einheitswelle und zeigt, welche ISA-Toleranzen den DIN-Toleranzen entsprechen und zu verwenden sind.

Maße ohne Toleranzangaben heißen Freimaße (DIN 7168). Hierfür sind ebenfalls Toleranzen einzuhalten, die im Rahmen der werkstattüblichen Genauigkeit gleichzeitig nach + und nach — liegen und in den Genauigkeitsgraden „fein", „mittel", „grob" und „sehr grob" abgestuft sind. Für Maße ohne Toleranzangabe wird im Schriftfeld ein Vermerk, z. B. „Maße ohne Toleranzangabe nach DIN 7168 mittel" eingeschrieben (195.1).

Nennmaße in µm (1 µm = 0,001 mm) für ausgewählte Toleranzfelder (DIN 7157 Bl. 1). Reihe 1 ist die Vorzugsreihe und Reihe 2 die Ergänzungsreihe

Kurzzeichen	Reihe 1	Reihe 2	x 8 u 8 [1]		r6	n6			h6	h9			f7				H7	H8			F8	E9	D10	C11	
				s6			k6	j6			h11	g6		e8	d9	c11	a11			H11	G7					A11
Nennmaßbereich mm	> 1,6	3	+ 36	+ 22	+ 19	+ 13	—	+ 6	0	0	0	− 3	− 7	− 14	− 20	− 60	− 270	+ 9	+ 14	+ 60	+ 12	+ 21	+ 39	+ 60	+ 120	+ 330
			+ 22	+ 15	+ 12	+ 6		− 1	− 7	− 25	− 60	− 10	− 16	− 28	− 45	− 120	− 330	0	0	0	+ 3	+ 7	+ 14	+ 20	+ 60	+ 270
	> 3	6	+ 46	+ 27	+ 23	+ 16	—	+ 7	0	0	0	− 4	− 10	− 20	− 30	− 70	− 270	+ 12	+ 18	+ 75	+ 16	+ 28	+ 50	+ 78	+ 145	+ 345
			+ 28	+ 19	+ 15	+ 8		− 1	− 8	− 30	− 75	− 12	− 22	− 38	− 60	− 145	− 345	0	0	0	+ 4	+ 10	+ 20	+ 30	+ 30	+ 270
	> 6	10	+ 56	+ 32	+ 28	+ 19	+ 10	+ 7	0	0	0	− 5	− 13	− 25	− 40	− 80	− 280	+ 15	+ 22	+ 90	+ 20	+ 35	+ 61	+ 98	+ 170	+ 370
			+ 34	+ 23	+ 19	+ 10	+ 1	− 2	− 9	− 36	− 90	− 14	− 28	− 47	− 76	− 170	− 370	0	0	0	+ 5	+ 13	+ 25	+ 40	+ 80	+ 280
	> 10	14	+ 67																							
			+ 40	+ 39	+ 34	+ 23	+ 12	+ 8	0	0	0	− 6	− 16	− 32	− 50	− 95	− 290	+ 18	+ 27	+ 110	+ 24	+ 43	+ 75	+ 120	+ 205	+ 400
	> 14	18	+ 72	+ 28	+ 23	+ 12	+ 1	− 3	− 11	− 43	− 110	− 17	− 34	− 59	− 93	− 205	− 400	0	0	0	+ 6	+ 16	+ 32	+ 50	+ 95	+ 290
			+ 45																							
	> 18	24	+ 87																							
			+ 54	+ 48	+ 41	+ 28	+ 15	+ 9	0	0	0	− 7	− 20	− 40	− 65	− 110	− 300	+ 21	+ 33	+ 130	+ 28	+ 53	+ 92	+ 149	+ 240	+ 430
	> 24	30	+ 81	+ 35	+ 28	+ 15	+ 2	− 4	− 13	− 52	− 130	− 20	− 41	− 73	− 117	− 240	− 430	0	0	0	+ 7	+ 20	+ 40	+ 65	+ 110	+ 300
			+ 48																							
	> 30	40	+ 99													− 120	− 310								+ 280	+ 470
			+ 60	+ 59	+ 50	+ 33	+ 18	+ 11	0	0	0	− 9	− 25	− 50	− 80	− 280	− 470	+ 25	+ 39	+ 160	+ 34	+ 64	+ 112	+ 180	+ 120	+ 310
	> 40	50	+ 109	+ 43	+ 34	+ 17	+ 2	− 5	− 16	− 62	− 160	− 25	− 50	− 89	− 142	− 130	− 320	0	0	0	+ 9	+ 25	+ 50	+ 80	+ 290	+ 480
			+ 70													− 290	− 480								+ 130	+ 320
	> 50	65	+ 133	+ 72	+ 60											− 140	− 340								+ 330	+ 530
			+ 87	+ 53	+ 41	+ 39	+ 21	+ 12	0	0	0	− 10	− 30	− 60	− 100	− 330	− 530	+ 30	+ 46	+ 190	+ 40	+ 76	+ 134	+ 220	+ 140	+ 340
	> 65	80	+ 148	+ 78	+ 62	+ 20	+ 2	− 7	− 19	− 74	− 190	− 29	− 60	− 106	− 174	− 150	− 360	0	0	0	+ 10	+ 30	+ 60	+ 100	+ 340	+ 550
			+ 102	+ 59	+ 43											− 340	− 550								+ 150	+ 360
	> 80	100	+ 178	+ 93	+ 73											− 170	− 380								+ 390	+ 600
			+ 124	+ 71	+ 51	+ 45	+ 25	+ 13	0	0	0	− 12	− 36	− 72	− 120	− 390	− 600	+ 35	+ 54	+ 220	+ 47	+ 90	+ 159	+ 260	+ 170	+ 380
	> 100	120	+ 198	+ 101	+ 76	+ 23	+ 3	− 9	− 22	− 87	− 220	− 34	− 71	− 126	− 207	− 180	− 410	0	0	0	+ 12	+ 36	+ 72	+ 120	+ 400	+ 630
			+ 144	+ 79	+ 54											− 400	− 630								+ 180	+ 410
	> 120	140	+ 233	+ 117	+ 88											− 200	− 460								+ 450	+ 710
			+ 170	+ 92	+ 63											− 450	− 710								+ 200	+ 460
	> 140	160	+ 253	+ 125	+ 90	+ 52	+ 28	+ 14	0	0	0	− 14	− 43	− 85	− 145	− 210	− 520	+ 40	+ 63	+ 250	+ 54	+ 106	+ 185	+ 305	+ 460	+ 770
			+ 190	+ 100	+ 65	+ 27	+ 3	− 11	− 25	− 100	− 250	− 39	− 83	− 148	− 245	− 460	− 770	0	0	0	+ 14	+ 43	+ 85	+ 145	+ 210	+ 520
	> 160	180	+ 273	+ 133	+ 93											− 230	− 580								+ 480	+ 830
			+ 210	+ 108	+ 68											− 480	− 830								+ 230	+ 580
	> 180	200	+ 308	+ 151	+ 106											− 240	− 660								+ 530	+ 950
			+ 236	+ 122	+ 77											− 530	− 950								+ 240	+ 660
	> 200	225	+ 330	+ 159	+ 109	+ 60	+ 33	+ 16	0	0	0	− 15	− 50	− 100	− 170	− 260	− 740	+ 46	+ 72	+ 290	+ 61	+ 122	+ 215	+ 355	+ 550	+ 1030
			+ 258	+ 130	+ 80	+ 31	+ 4	− 13	− 29	− 115	− 290	− 44	− 96	− 172	− 285	− 550	− 1030	0	0	0	+ 15	+ 50	+ 100	+ 170	+ 260	+ 740
	> 225	250	+ 356	+ 169	+ 113											− 280	− 820								+ 570	+ 1110
			+ 284	+ 140	+ 84											− 570	− 1110								+ 280	+ 820
	> 250	280	+ 396	+ 190	+ 126											− 300	− 920								+ 620	+ 1240
			+ 315	+ 158	+ 94	+ 66	+ 36	+ 16	0	0	0	− 17	− 56	− 110	− 190	− 620	− 1240	+ 52	+ 81	+ 320	+ 69	+ 137	+ 240	+ 400	+ 300	+ 920
	> 280	315	+ 431	+ 202	+ 130	+ 34	+ 4	− 16	− 32	− 130	− 320	− 49	− 108	− 191	− 320	− 330	− 1050	0	0	0	+ 17	+ 56	+ 110	+ 190	+ 650	+ 1370
			+ 350	+ 170	+ 98											− 650	− 1370								+ 330	+ 1050
	> 315	355	+ 479	+ 226	+ 144											− 360	− 1200								+ 720	+ 1560
			+ 390	+ 190	+ 108	+ 73	+ 40	+ 18	0	0	0	− 18	− 62	− 125	− 210	− 720	− 1560	+ 57	+ 89	+ 360	+ 75	+ 151	+ 265	+ 440	+ 360	+ 1200
	> 355	400	+ 524	+ 244	+ 150	+ 37	+ 4	− 18	− 36	− 140	− 360	− 54	− 119	− 214	− 350	− 400	− 1350	0	0	0	+ 18	+ 62	+ 125	+ 210	+ 760	+ 1710
			+ 435	+ 208	+ 114											− 760	− 1710								+ 400	+ 1350
	> 400	450	+ 587	+ 272	+ 166											− 440	− 1500								+ 840	+ 1900
			+ 490	+ 232	+ 126	+ 80	+ 45	+ 20	0	0	0	− 20	− 68	− 135	− 230	− 840	− 1900	+ 63	+ 97	+ 400	+ 83	+ 165	+ 290	+ 480	+ 440	+ 1500
	> 450	500	+ 637	+ 292	+ 172	+ 40	+ 5	− 20	− 40	− 155	− 400	− 60	− 131	− 232	− 385	− 480	− 1650	0	0	0	+ 20	+ 68	+ 135	+ 230	+ 880	+ 2050
			+ 540	+ 252	+ 132											− 880	− 2050								+ 480	+ 1650

1) Toleranzfeld x8 für Nennmaße ≤ 24, u8 für Nennmaße > 24

Die in der folgenden Tafel enthaltenen Toleranzen gelten insbesondere für die abspanende Bearbeitung der Metalle. Sie gelten auch für Ziehen, Sicken, Treiben, Rohrbiegen und Verfahren der Stanztechnik, aber nicht für Schmieden, Gießen, Pressen, Walzen, Schweißen und Brennschneiden und nicht, wenn für bestimmte Zwecke Toleranzen bereits genormt sind.

Toleranzen in mm nach DIN 7168 für Längen, Breiten, Dicken, Durchmesser, Rundungen, Absatzmaße und Rundungen

Genauigkeitsgrad	Nennmaßbereich in mm							
	≤ 6	> 6···30	> 30···100	> 100···300	> 300···1000	> 1000···2000	> 2000···4000	> 4000
fein	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	—	—
mittel	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3
grob	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5
sehr grob	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 5	± 8	± 10

Abweichungen für Maße ohne Toleranzangabe an Stahlgußteilen s. Vornorm DIN 1683 Bl. 1.

Ferner sind auf folgenden Normblättern Toleranzen festgelegt:

DIN 13 Metrisches Gewinde
DIN 2519 Flansche aus Flußstahl u. a.
DIN 6936 bis 6940 u. 6944 u. 6945 Zieh- u. Stanzteile und Profile aus flachem Walzstahl
DIN 7524 Bl. 1 bis 4 Gesenkschmiedestücke (Stahl)
DIN 7710 Preß- u. Spritzgußteile aus Kunststoff
DIN 16749 Preß- und Spritzgußwerkzeuge
DIN 40680 Keramische Werkstücke

Weitere Normenhinweise

DIN 170 Große Spiele für Eisenbahnfahrzeuge
DIN 5425 Passungen für den Einbau von Wälzlagern
DIN 5600 Toleranzvorschriften für Schienenfahrzeuge
DIN 5601 Bl. 1, Passungsauswahl für Schienenfahrzeuge
DIN 5603 Passungsauswahl für Eisenbahnfahrzeuge
DIN 5604 Passungsauswahl für Maschinen und Geräte
DIN 7185 Auslese-Paarung
DIN 7190 Berechnung einfacher Preßpassungen
DIN 24001 Passungsauswahl für Maschinen und Einrichtungen des Bergbaus
DIN 25025 Schrumpfpassung für den Waggonbau
DIN 25029 Abweichungen für Maße ohne Toleranzangabe bei Schweißkonstruktionen im Schienenfahrzeugbau
DIN 58700 Bl. 1, Toleranzfeldauswahl für die Feinmechanik
DIN 70051 ISA-Passungen im Kraftfahrzeugbau

8 Bauelemente

8.1 Schraubverbindungen

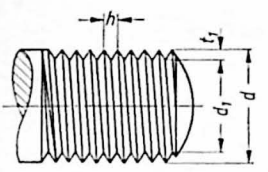
8.11 Gewinde

Allgemeines und Abmessungen. Es gibt Außengewinde (**103.**1) und Innengewinde (**103.**2).

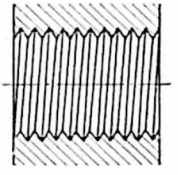
Beide werden miteinander verschraubt. Hierfür sind übereinstimmende Gewindeabmessungen notwendig.

Das Hauptmaß ist der Gewinde-Nenndurchmesser d. Er ist beim Innen- und beim Außengewinde stets der größte Durchmesser (**103.**1).

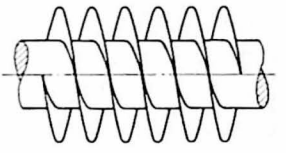
Wird hiervon der Kerndurchmesser d_1 abgezogen und das Ergebnis halbiert, dann ergibt sich die Gewindetiefe t_1. Das Maß h bezeichnet die Steigung des Gewindes. Gewinde verläuft nach einer Schraubenlinie (s. S. 154). Es ist eingängig, wenn die Windungen einer einzigen Schraubenlinie angehören. Sind aber mehrere Schraubenlinien vorhanden, wie an der zweigängigen Schnecke (**103.**3), dann handelt es sich um mehrgängiges Gewinde.



103.1 Hauptabmessungen



103.2 Innengewinde



103.3 Zweigängige Schnecke

Die Steigung oder Ganghöhe h ist das Maß, um das sich Außen- und Innengewinde in Richtung der Mittelachse gegeneinander verschieben, wenn eines davon eine ganze Umdrehung macht. Sie reicht bei eingängigem Gewinde von einer Windung bis zur nächsten, bei zweigängigem bis zur übernächsten usw.

Rechtsgewinde ist das übliche Gewinde. Hierbei steigen die Windungen am aufrechtstehenden Bolzen nach rechts an (**103.**1), im aufgeschnittenen Innengewinde jedoch nach links (**103.**2). Beim Linksgewinde laufen die Steigungen entgegengesetzt.

Gewindequerschnitte. Die Form des Gewindequerschnitts richtet sich nach dem Verwendungszweck des Schraubteils. Genormt sind Spitz-, Trapez-, Sägen- und Rundgewinde.

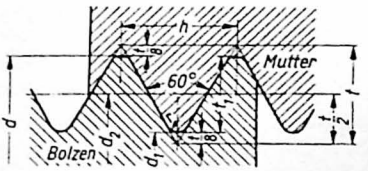
103.4 Spitzgewinde

103.5 Trapezgewinde

103.6 Sägengewinde

103.7 Rundgewinde

Spitzgewinde (**103.**4) findet überwiegend Verwendung für Befestigungsschrauben und -muttern. Trapezgewinde (**103.**5) wird hauptsächlich auf Bewegungs- und Verstellspindeln geschnitten. Sägengewinde (**103.**6) kommt für Spindeln mit einseitig starker Druckbeanspruchung in Achsrichtung in Betracht und Rundgewinde (**103.**7) für Spindeln, die merklicher Abnutzung durch Schmutz und der Gefahr der Beschädigung durch Stöße unterliegen, und für in Blech gedrückte Gewinde (Edison-Gewinde). Zum Spitzgewinde zählen das Metrische Gewinde, die Metrischen Feingewinde, alle Whitworth-Gewinde und andere. Die einzelnen



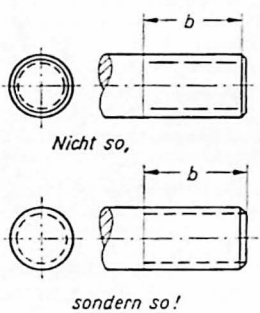
104.1 Metrisches Gewinde DIN 13
d = Gewindedurchmesser
h = Steigung des eingängigen Gewindes
t = 0,866 h
t_1 = Gewindetiefe = 0,6495 h
d_2 = Flankendurchmesser = $d - t_1$
d_1 = Kerndurchmesser = $d - 2\,t_1$
r = Rundung = 0,1082 h = $t/8$

Arten unterscheiden sich besonders in den Abmessungen für Gewindetiefen und Steigungen. Bei den Metrischen Gewinden beträgt der Flankenwinkel 60°, außerdem werden alle Abmessungen in Millimetern oder in Teilen davon angegeben. Bild **104.1** zeigt den Querschnitt des Metrischen Gewindes nach DIN 13.

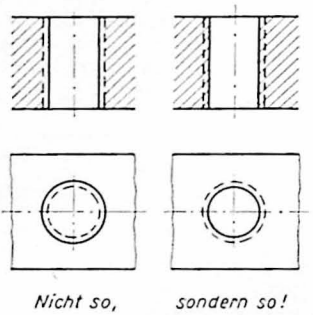
Für Neukonstruktionen, ausgenommen Auslandsaufträge und Schiffsmaschinen, kommt Whitworth-Gewinde nicht mehr in Betracht. Das für Fittings und Rohrleitungsarmaturen internatlonal festgelegte Whitworth-Rohrgewinde macht jedoch eine Ausnahme.

Gewindedarstellung (DIN 27). Gewinde wird mit gestrichelten Linien dargestellt (s. S. 57). Sie geben bei Außengewinden den Gewindekern an (**104.2**). Die Strichlinien werden über die ganze Gewindelänge gezogen und von einer dünnen Vollinie begrenzt. Grundsätzlich wird nur die nutzbare Gewindelänge gezeichnet und bemaßt. Der Gewindeauslauf (s. S. 107) ist mithin (außer beim Einschraubende der Stiftschrauben (s. S. 114) nicht in der Gewindelänge einbegriffen, wohl aber die kugelige und die kegelige Schaftkuppe.

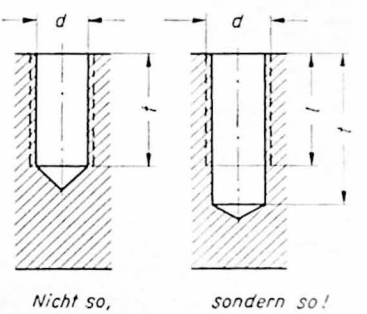
Bei dem im Schnitt dargestellten Innengewinde geben die Strichlinien den Gewinde-Nenndurchmesser und die Vollinien den Kern an (**104.3**). Die Schraffur reicht bis an die Kernlinien heran. Gewindeaussenkungen unter 120° bis auf den Außendurchmesser werden im allgemeinen nicht gezeichnet. Für andere Senkungen werden Senkwinkel und Senktiefe (**106.1**) oder Senkwinkel und Senkdurchmesser eingetragen.



104.2 Außengewinde



104.3 Innengewinde (Schnittdarstellung)



104.4 In ein Sackloch geschnittenes Gewinde

Ist das Gewinde in ein Sackloch eingeschnitten, dann ist die Kernlochtiefe t zur Aufnahme der beim Gewindeschneiden abfallenden Späne und des durch den Gewindebohreranschnitt entstehenden Gewindeauslaufs etwas größer als die nutzbare Gewindelänge (**104.4**).

In diesem Falle sind die Strichlinien nicht bis auf den Grund des Loches herunterzuziehen. Bohrlochkegel werden unter 120° mit dem 30°/60°-Dreieck oder mit der Zeichenmaschine gezeichnet; sie gehören nicht zur Lochtiefe. Muß der Gewindeauslauf dargestellt sein, dann wird er nach Bild **107.**10 gezeichnet.

Das Maß für den Gewindedurchmesser d steht stets zwischen den Gewindeaußenlinien, auch dann, wenn sie gestrichelt sind. Bemaßung kleiner Lochgewinde s. S. 117.

Die Kernlochtiefe t (104.4) setzt sich zusammen aus der nutzbaren Gewindelänge l, die etwas größer als die Einschraubtiefe des Bolzens ist, und einer Zugabe. Diese beträgt nach DIN 76 in der Regel

für Gewinde												
M2	M2,6	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
mindestens mm												
1,8	2,5	2,8	3,4	3,6	4,5	5	5,5	6	6,5	7,5	8,5	10

Gewindebezeichnungen. Das Gewinde wird durch ein Kurzzeichen näher bezeichnet. Es wird dem Maß für den Gewindedurchmesser zugesetzt.

Abgekürzte Gewindebezeichnungen (Auszug aus DIN 202 und erweitert)

Eingängiges Rechtsgewinde

Gewindeart		nach DIN	Gewindebezeichnung: Zeichen vor Maßangabe	Gewindebezeichnung: Maßangabe	Gewindebezeichnung: Eintragungsbeispiel
Spitzgewinde	Metrisches Gewinde	13	M	Gewindeaußendurchmesser in mm	M20
	Metrisches Feingewinde	244 bis 247 516 bis 521	M	Gewindeaußendurchmesser × Steigung in mm	M 50×1,5
	Metr. kegeliges Gewinde (Kegel 1 : 16)	158	M	Gewindeaußendurchmesser in mm × Steigung in mm und kegelig (abgek.)	M 10×1 keg
	Whitworth-Gewinde	11		Gewindeaußendurchmesser in Zoll	$\frac{3}{4}$"
	Whitworth-Rohrgewinde	259 2999	R	Nennweite des Rohres in Zoll (Nennweite entspricht ≈ Innen⌀)	R $\frac{1}{2}$"
Trapezgewinde		103 378, 379	Tr	Gewindeaußendurchmesser in mm × Steigung in mm	Tr 50×8
Sägengewinde		513 bis 515	S	Gewindeaußendurchmesser in mm × Steigung in mm	S 100×12
Rundgewinde		405 20400	Rd	Gewindeaußendurchmesser in mm × Steigung in Zoll	Rd 20×$\frac{1}{8}$"

Links- und mehrgängige Gewinde

Linksgewinde wird durch das Wort „links" gekennzeichnet, das hinter oder unter die Gewindebezeichnung gesetzt wird.	M 50×1,5 links
Mehrgängiges Rechtsgewinde erhält hinter der Gewindebezeichnung einen Vermerk über die Gangzahl.	M 20 (2gäng)
Bei mehrgängigem Gewinde wird außerdem in Klammern ein Hinweis auf die Gangzahl angehängt. Als Steigung wird stets das Maß der Verschiebung in Richtung der Achse bei einer Umdrehung des Gewindes eingetragen.	Tr 50×6 links (2gäng)
Hat ein Werkstück Rechts- und Linksgewinde, so wird nicht nur das Links-, sondern auch das Rechtsgewinde — durch das Wort „rechts" — gekennzeichnet.	Rd 20×$\frac{1}{8}$" rechts
Gas- und dampfdichtes Gewinde erhält den Zusatz „dicht".	M 20 dicht

Bei Metrischem Gewinde (DIN 13) und Whitworthgewinde (DIN 11) ist der Kerndurchmesser mit etwa 80 % des Gewindedurchmessers zu zeichnen.

Steigungen h und abgerundete Gewindetiefen t_1 in mm

h =	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
t_1 =	0,3	0,7	1,0	1,3	1,6	1,9	2,3	2,6	2,9	3,3

Für Metrisches Gewinde und Metrische Feingewinde beträgt die Gewindetiefe $t_1 \approx 0{,}65 \cdot h$ (h = Gewindesteigung bei eingängiger Ausführung).

Bohrerdurchmesser für Gewindekernlöcher bei beiden Gewindearten s. DIN 336.

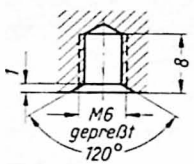
Gepreßtes und gespritztes (im Druckgußverfahren hergestelltes) Gewinde wird in der ganzen Tiefe des Grundloches dargestellt (**106.1**). Außer der üblichen Gewindeangabe erhält es den Zusatz „gepreßt" bzw. „gespritzt".

Bei oft zu lösenden Schraubenverbindungen ist eine kegelige oder zylindrische Schutzsenkung gegen Ausreißen der ersten Gewindegänge vorzusehen.

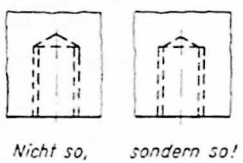
Verdecktes Gewinde wird nur durch Strichlinien angedeutet (**106.2**). Die Kegellinien laufen von der Spitze stets nach den Kernlinien. Die Darstellung des Innengewindes im Schnitt oder im Ausbruch ist jedoch vorzuziehen.

Durchdringungskurven am Eintritt des Gewindeloches in einer Bohrung werden nur für das Kernloch gezeichnet (**106.3**).

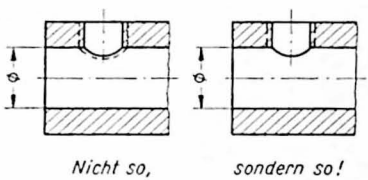
Außengewinde an Rohren erhält in Schnittdarstellung keine Gewindebegrenzungslinie (**106.4**).



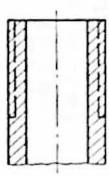
106.1 Gepreßtes Lochgewinde



106.2 Verdecktes Gewinde



106.3 Durchdringungskurve am Kernloch



106.4 Rohr-Außengewinde

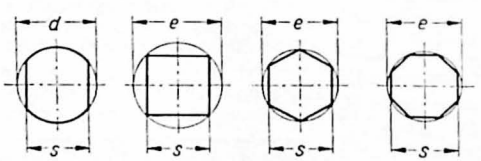
Gewindetoleranzen. Gewinde wird mit verschieden großen Toleranzen hergestellt. Sie sind in den Gütegraden „fein", „mittel" und „grob" abgestuft und werden mit dem Buchstaben f, m oder g bezeichnet (DIN 13).

Diese Gütekennzeichen stehen hinter den abgekürzten Gewindebezeichnungen in gleicher Höhe der Zahlen, so daß die vollständigen Benennungen beispielsweise lauten: M12 f M12 g M12×1,5 f M12×1,5 g. Der Buchstabe m für Gewinde im Gütegrad „mittel" braucht nicht hinzugesetzt zu werden.

Bei verzinkten, verkadmeten, phosphatierten und anderswie überzogenen Teilen gelten die Gewindemaße für den Zustand nach der Oberflächenschutzbehandlung.

8.12 Schrauben und Muttern

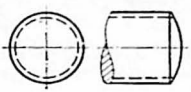
Schraubenköpfe und Muttern haben meist Sechskantform. Es gibt aber auch zwei-, vier-, achtkantige Formen (**106.5**) und andere. Die mit s bezeichneten Maße sind von Einfluß auf die Schlüsselweiten. Eine Schlüsselweite von 22 mm wird mit „SW 22" bezeichnet.



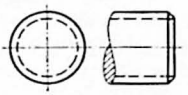
106.5 Schraubenkopf- und Mutterformen DIN 475

Schraubenenden werden verschieden ausgeführt (DIN 78). Sie erhalten gewöhnlich eine Linsenkuppe (**107.1**) oder einen Kegelansatz (**107.2**), die stets in den Längenmaßen enthalten sind.

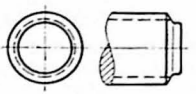
Für Spann- und Druckschrauben werden Kernansatz (**107.3**), Zapfen (**107.4**), der auch zur Aufnahme eines Splintes durchbohrt sein kann, und Ansatzkuppe (**107.5**) vorgesehen. Sie schränken eine Beschädigung des Gewindes ein. Ringschneiden (**107.6**) kommen für Stellschrauben an Stellringen in Betracht. Die Spitze (**107.7**) und die Ansatzspitze (**107.8**) treten an Sicherungsschrauben auf und werden in kegelige Senkungen eingelassen.



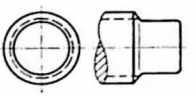
107.1 Linsenkuppe



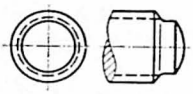
107.2 Kegelansatz



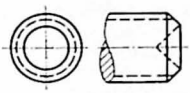
107.3 Kernansatz



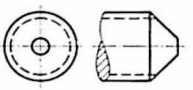
107.4 Zapfen



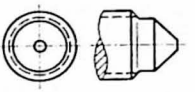
107.5 Ansatzkuppe



107.6 Ringschneide

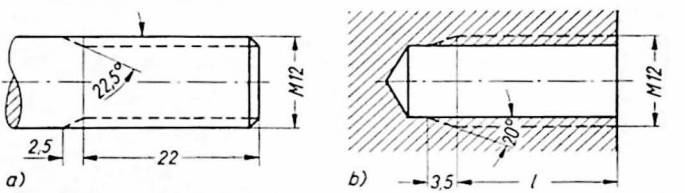


107.7 Spitze

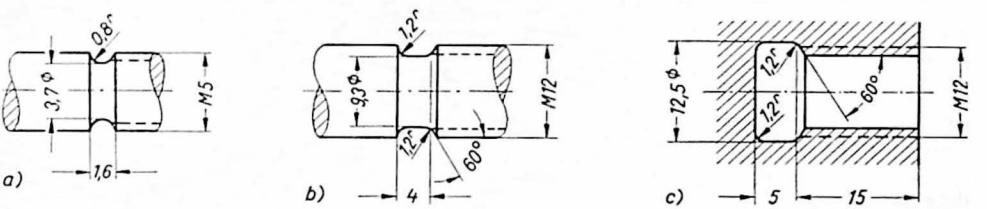


107.8 Ansatzspitze

Der Gewindeauslauf (DIN 76) liegt außerhalb der bemaßten Gewindelänge (**107.9**) und wird gewöhnlich nicht gezeichnet. Gewinderillen dagegen müssen ausführlich dargestellt und bemaßt werden (**107.10**).



107.9 Gewindeauslauf (Regelfall für M12)



107.10 Gewinderillen (Regelfälle)
a) für M5 b) für M12 c) für Innengewinde M12

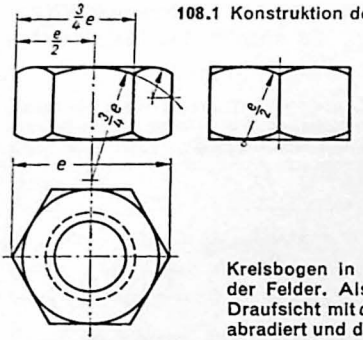
Freistiche für das Schleifen von Drehkörpern s. S. 75.

Aufzeichnen einer Sechskantmutter (DIN 27). Hierzu müssen dem Normblatt entnommen werden: Gewindedurchmesser d, Seitenmaß s und Mutterhöhe m.

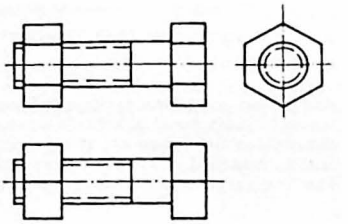
Für eine Mutter M16 betragen die Zeichnungsmaße $d = 16$, $d_1 = 80\,\%$ von $16 = 12{,}8$, $s = 24$ und $m = 13$.

Nach dem Aufzeichnen der Mittellinien wird im Kreuzungspunkt der Draufsicht ein Kreis mit $s = 24$ Durchmesser geschlagen und außen mit einem regelmäßigen Sechseck versehen (**108.1**). Dann werden die Mutterhöhe $m = 13$ abgetragen und die Umrisse der Vorderansicht und der Seitenansicht in dünnen Linien gezeichnet.

Die Fasenkanten sind Hyperbelkurven, aber einfach als Kreisbogen zu schlagen. Für den großen Bogen der Vorderfläche ist der Halbmesser $^3/_4\,e$ aus der Vorderansicht abzugreifen. Der Zirkelschlag wird bis zum Schnitt mit einer senkrechten Außenkante geführt. In der Mitte der von hier durch das schmale Feld gezogenen Waagerechten befindet sich der Zirkeleinsatzpunkt für den kleinen Bogen. Die Mittelpunkte der



108.1 Konstruktion der Fasenbogen

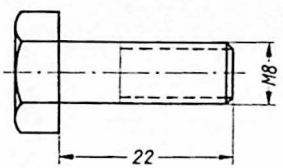


108.2 Sinnbild

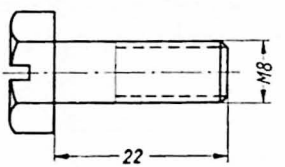
Kreisbogen in der Seitenansicht liegen auf den senkrechten Halbierungslinien der Felder. Als Halbmesser dient $e/2$. Nun werden die Gewindekreise in der Draufsicht mit $d/2$ und $d_1/2$ als Zirkelöffnung geschlagen, die überflüssigen Linien abradiert und die verbleibenden nachgezogen. In der Ansicht, die drei Seitenflächen der Mutter zeigt, fallen die Ecken fort. In der Vorderansicht und in der Seitenansicht wird das Gewinde nicht gezeichnet.

Die Köpfe der Sechskantschrauben sind niedriger als die Muttern und nur an einer Stelle abgefast. Bei der vereinfachten Darstellung der Sechskantschrauben und -muttern werden die Fasenbogen fortgelassen und die üblichen Formen des Schraubenendes nicht dargestellt (**108.2**).

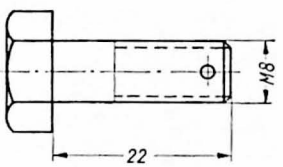
Normung. Schrauben, Muttern und ähnliche Gewindeteile sind weitgehend genormt.[1]) Nachstehend sind davon einige Teile dargestellt:



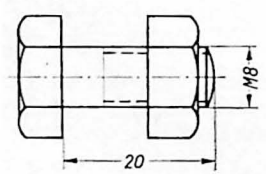
108.3 Sechskantschraube
M8 × 22 DIN 931 – 5S



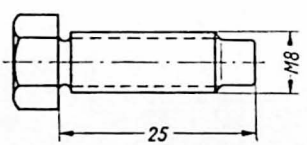
108.4 Sechskantschraube
M8 × 22 Sz[2])
DIN 931 – 4D



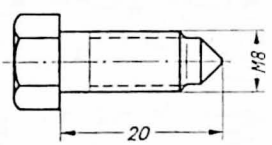
108.5 Sechskantschraube
M8 × 22 S[3])
DIN 931 – 6E



108.6 Sechskantschraube
M8 × 20 Mu[4]) DIN 601



108.7 Sechskantschraube mit
Zapfen M8 × 25
DIN 561 – 5S



108.8 Sechskantschraube
mit Spitze M8 × 20
DIN 564 – 5S

Der Kopf gehört nicht zur Schraubenlänge.

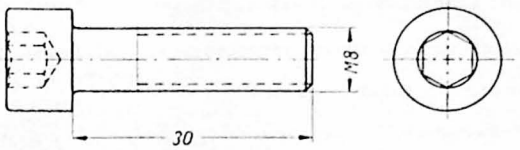
Sechskantschrauben in der üblichen Form (**108.3** bis 6) werden allermeist als Befestigungsschrauben verwendet und hierbei in Schaftrichtung auf Zug beansprucht. Ist das Schraubenende als Zapfen oder Spitze ausgeführt (**108.7** und 8), dann erfahren sie bei Verwendung als Stell-, Halte- oder Abdrückschraube gewöhnlich eine Druckbeanspruchung.

Innensechskantschrauben werden vorwiegend im Werkzeugmaschinenbau verwendet und mit einem Sechskantstiftschlüssel bedient (**109.1**). Die Köpfe sind in zylindrische Senkungen einzulassen.

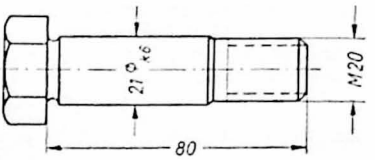
Paßschrauben haben einen nach einer ISA-Toleranz, gewöhnlich k6, hergestellten Schaftteil, der mit einer Bohrung H7 eine Passung bildet (**109.2**).

---

[1]) Siehe DIN-Taschenbuch 10: Schrauben, Muttern und Zubehör
[2]) Sz: mit Schlitz [3]) S: mit Spintloch [4]) Mu: mit Sechskantmutter



109.1 Zylinderschraube mit Innensechskant M8×30 DIN 912 — 8G



109.2 Sechskant-Paßschraube M20 k6×80 DIN 610 — m 5D

Die genormten Bezeichnungen für Schrauben, Muttern und ähnliche Gewindeteile legen alle Merkmale fest. Die Angabe genormter Bezeichnungen in den Stücklisten macht das Zeichnen solcher Werkstücke überflüssig.

Beispiel Sechskantschraube M16×1,5×40 DIN 960 — mg 8G

Sechskantschraube = Benennung des Werkstücks
M 16×1,5 = Metrisches Feingewinde, Gewindedurchmesser 16 mm, Steigung 1,5 mm
40 = Länge des Schaftes in mm einschließlich des Kegelansatzes oder der Linsenkuppe
DIN 960 = Bezeichnung des Normblattes, das die Schraubenform und -maße angibt
mg = Kennzeichen für die Ausführung des Schraube (mg = mittelgrob)
8 G = Werkstoffkennzeichen für Stahl

Die Ausführung bezieht sich auf die Oberflächenbeschaffenheit, auf Maßgenauigkeit (Toleranzen), auf zulässige Gewindetoleranzen, Mittigkeitsabweichungen und Unwinkligkeiten, z. B. des Schraubenkopfes zum Schaft. Es sind drei Ausführungsgrade vorgesehen, „mittel", „mittelgrob" und „grob", die aber nicht mit den Gütegraden fein, mittel und grob für Gewindetoleranzen (s. S. 106) zu verwechseln sind.

Auszug aus DIN 267

Ausführung	Oberflächenbeschaffenheit			
	Schraube		Mutter	
m (mittel)	Gewinde und alle Flächen	▽▽	Gewinde, alle Flächen und Kerndurchmesser	▽▽
	jedoch Kuppen	▽	Kerndurchmesser	~
mg (mittelgrob)	Gewinde, Schaft und Auflagefläche	▽▽	Gewinde und Stirnflächen	▽▽
	alle übrigen Flächen	~	Schlüsselflächen und Kerndurchmesser	~
g (grob)	Gewindeflanken und Kerndurchmesser	▽	Gewindeflanken und Gewindeaußendurchmesser	▽
	Gewindeaußendurchmesser und alle übrigen Flächen	~	Kerndurchmesser und alle übrigen Flächen	~

Mit dem Werkstoffkennzeichen werden die Festigkeitseigenschaften für Stahl angegeben. Es besteht aus einer Zahl und einem Großbuchstaben, z.B. „8G". Die Zahl 8 gibt eine Mindestzugfestigkeit von 80···100 kp/mm² an. Der Buchstabe G verweist auf weitere Festigkeitswerte, wie aus der Zahlentafel hervorgeht, und auf andere, in DIN 267 festgelegte Eigenschaften.

Werkstoffkennzeichen (Auszug aus DIN 267)

Kennzeichen		4 A	4 D	4 P	4 S	5 D	5 S	6 D	6 S	6 G	8 G	10 K	12 K
Zugversuch	Zugfestigkeit σ_B kp/mm²	34 ··· 42	34 ··· 55		40 ··· 55	50 ··· 70		60 ··· 80			80 ··· 100	100 ··· 120	120 ··· 140
	Streckgrenze σ_S kp/mm² ≥	20	21	21	32	28	40	36	48	54	64	90	108
	Bruchdehnung δ_5 % ≥	30	25	—	14	22	10	18	8	12	12	8	8

Die Festigkeitseigenschaften können durch mehrere Ausgangswerkstoffe erreicht werden. So gehören z. B. zu 4 D: St 34, St 37, 9 S 20, 9 SPb 23, Cq 15 und Cq 22.

Bei Teilen, die nicht aus Stahl bestehen, tritt das betreffende Werkstoffkurzzeichen an die Stelle des Werkstoffkennzeichens

Sechskantschraube M16×1,5×50 DIN 960 — m Ms 58 h

Ein galvanischer Überzug (s. S. 82) wird am Schluß angegeben

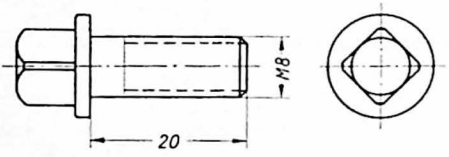
Sechskantschraube M16×50 DIN 931 — m 8 G gal Zn 6 mt ph

Das Kennzeichen für die Ausführung wird weggelassen, wenn für das Schraubteil normgemäß nur eine Ausführung besteht (**108.7**) oder sie dem Hersteller überlassen bleiben soll (**108.3**). Sind aber Schraubteile in nur einer Ausführung und in nur einer Festigkeitseigenschaft festgelegt oder sind diese der Wahl des Herstellers überlassen, so sind weder Ausführung noch Werkstoffkennzeichen anzugeben (**108.6**).

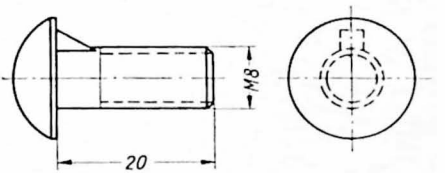
Zusätzliche Bestellangaben für Formen und Ausführungen der Sechskant- und der Stiftschrauben sind als Buchstaben in DIN 962 niedergelegt.

So bedeutet z. B. **Sk** in der Bezeichnung „Sechskantschraube M16×50 Sk DIN 931 — 4 D", daß sich ein **S**plintloch im Schraubenkopf befinden soll.

Schraubensonderformen. Die Vierkantschraube wird als Spannschraube im Werkzeugmaschinenbau verwendet, wobei der Bund das Abgleiten des Schraubenschlüssels vermeidet (**110.1**). Halbrundschrauben nach DIN 607 sind rohe Schrauben und haben eine Nase, die ein Mitdrehen beim Anziehen und Lösen der Mutter verhindert (**110.2**). Für die Nasen sind Nuten vorzusehen.



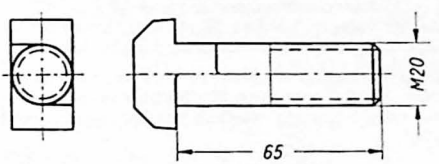
110.1 Vierkantschraube mit Bund M8×20 DIN 478 — 5S



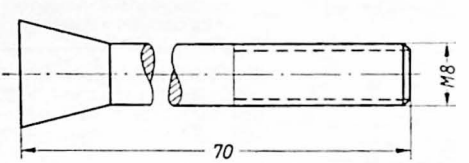
110.2 Halbrundschraube mit Nase M8×20 DIN 607

Hammerschrauben (**110.3**) haben schmale Köpfe, die, um Mitdrehen zu vermeiden, seitlich anliegen oder in meist vorgegossene Senkungen eingelassen werden.

Kegelsenkschrauben (**110.4**) werden dort verwendet, wo für die zu versenkenden Köpfe, deren Kegelwinkel 30° beträgt, nur wenig Raum zur Verfügung steht.



110.3 Hammerschraube mit Nase M20×65 DIN 188



110.4 Kegelsenkschraube M8×70 DIN 606

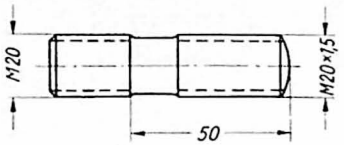
Stiftschrauben sollen am Einschraubende einen Kegelansatz und zur Unterscheidung am anderen Ende eine Linsenkuppe haben. Als Nennlänge der Stiftschraube gilt der nach dem Einschrauben aus dem Werkstück herausragende Teil.

Die Einschraublänge schließt ausnahmsweise den Gewindeauslauf ein und richtet sich nach dem Werkstoff, in den die Schraube geschraubt wird.

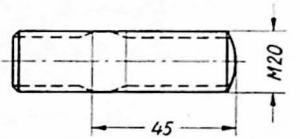
Sie ist bei

Stahl	1	× Gewindedurchm.	Aluminiumlegierung	2	× Gewindedurchm.
Grauguß	1,25	× „	Weichmetall	2,5	× „

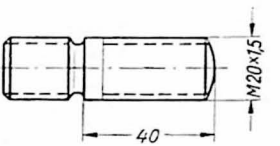
Einschraubende und Schaftende haben nicht immer das gleiche Gewinde, wie Bild **111**.1 zeigt. Es stellt eine Stiftschraube dar, deren Schaftdurchmesser gleich dem Gewindeflankendurchmesser ist; sie wird als Ausführung B bezeichnet. Bei Ausführung A ist der Schaftdurchmesser gleich dem Gewindedurchmesser (**111**.2). Es gibt auch Stiftschrauben mit Gewinderille (**111**.3); die abgebildete hat beiderseits metrisches Feingewinde.



111.1 Stiftschraube B
M20×1,5×50 DIN 833 – 5D

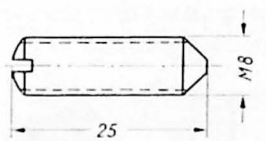


111.2 Stiftschraube A
M20×45 DIN 939 – 5D

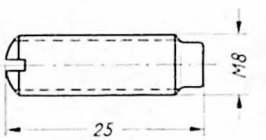


111.3 Stiftschraube
M20×1,5×40 DIN 934 – 5D

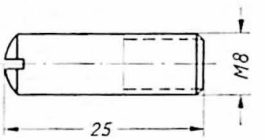
Gewindestifte mit Spitze (**111**.4) oder mit Zapfen (**111**.5) haben Gewinde über die ganze Länge, weil sie vollständig in den Werkstoff eingeschraubt werden, Schaftschrauben (**111**.6) nur über einen Teil der Länge.



111.4 Gewindestift mit Spitze
M8×25 DIN 553 – 4 D

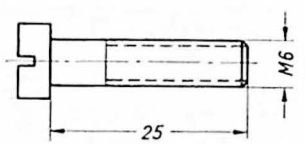


111.5 Gewindestift mit Zapfen
M8×25 DIN 417

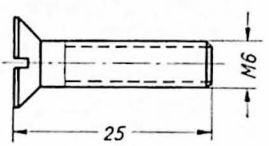


111.6 Schaftschraube
M8×25 DIN 427

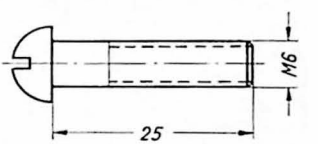
Schlitzschrauben. Die Köpfe der Zylinderschraube (**111**.7), der Halbrundschraube (**111**.9), der Linsenschraube (**111**.10) und der Rändelschraube (**111**.12) gehören nicht zur Schraubenlänge. Dagegen werden der Kopf der Senkschraube (**111**.8) und der kegelige und der zylindrische Teil am Kopf der Linsensenkschraube (**111**.11) in die Schraubenlänge einbezogen.



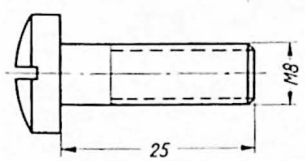
111.7 Zylinderschraube
M6×25 DIN 84 – 5S



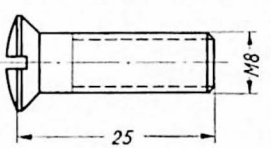
111.8 Senkschraube
M6×25 DIN 87 – 5S



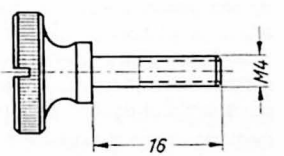
111.9 Halbrundschraube
M6×25 DIN 86 – 5S



111.10 Linsenschraube
M8×25 DIN 85 – 5S



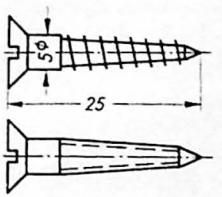
111.11 Linsensenkschraube
M8×25 DIN 91 – 5S



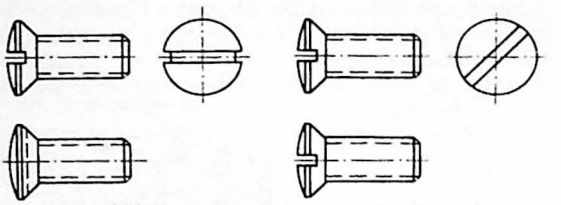
111.12 Rändelschraube
M4×16 DIN 465 – Ms58

Für das Gewinde der Holzschraube sind zwei Darstellungen möglich (**112.**1).

Die Schlitzkanten aller Schrauben werden beim Blick auf den Kopf in Richtung der Schraubenachse unter 45° gezogen. Ist eine dritte Ansicht, z. B. in Gesamtzeichnungen die Draufsicht, erforderlich, dann wird auch dort der Schlitzquerschnitt dargestellt (**112.**2).



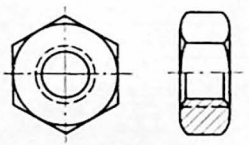
112.1 Senkholzschraube
5×25 DIN 97 – Ms 63 F 38



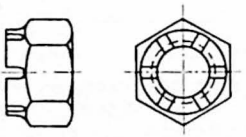
112.2 Schlitzlage in Übersichtszeichnungen

Muttern und Scheiben. Das Kernloch der Muttern ist beiderseits unter 120° bis auf den Gewindedurchmesser ausgesenkt (**112.**3). Sechskantmuttern sind meist an beiden Stirnflächen abgefast. Kronenmuttern dienen zur Aufnahme eines Splintes als Sicherung gegen Lockern (**112.**4). Vierkantmuttern haben nur eine oder keine Fase und kommen seltener zur Anwendung (**112.**5). Ist der Werkstoff der zu verbindenden Teile weicher als der der Mutter oder ist die Auflagefläche nicht eben, dann sind Scheiben unterzulegen (**112.**6).

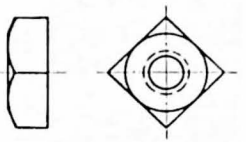
Vierkantunterlegscheiben (**87.**4) mit passender Neigung werden an den Flanschen der [- und I-Stähle gebraucht.



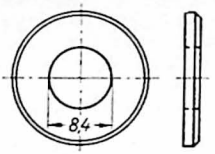
112.3 Sechskantmutter
M8 DIN 934 – m 4D



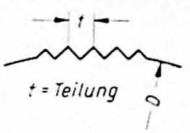
112.4 Kronenmutter
M20×2 DIN 935 – 5S



112.5 Vierkantmutter
M6 DIN 557



112.6 Scheibe 8,4
DIN 125 St 37

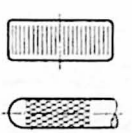


112.7 Aufwerfen des Werkstoffs

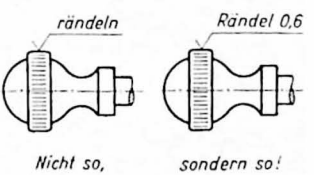
Rändel und Kordel werden mit Vollinien in der Dicke der Maßlinien angedeutet und haben keine seitlichen Begrenzungslinien, wenn sie auf einer Wölbung auslaufen oder auf einem Teil des Mantels liegen (**112.**8). Die Kordelstriche liegen unter 30° zur Mittelachse.

Eine Rändelung mit der Teilung $t = 0{,}6$ mm wird bezeichnet: Rändel 0,6 (**112.**9), Kordel sinngemäß.

Rändel und Kordel (DIN 82) entstehen durch Eindrücken spitzgezahnter, gehärteter Stahlräder in den Mantel des sich drehenden Teils und erhöhen die Griffsicherheit. Durch Herausquetschen des Werkstoffs wird der Außendurchmesser bis 0,5 t größer als der Drehdurchmesser D (**112.**7). In Zeichnungen wird aber nur der Drehdurchmesser angegeben.



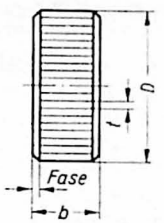
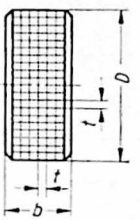
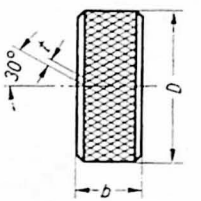
112.8
Fortfall der Begrenzungslinien



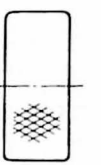
112.9
Kennzeichnung einer Rändelung

Der Bezugshaken kann gegebenenfalls mit einem Oberflächenzeichen in Verbindung stehen.

Es werden unterschieden

Rändel (Kanten erhöht) für alle Werkstoffe	Kreuzrändel (Spitzen erhöht) für Hartgummi u. a.	Kordel (Spitzen erhöht) für Leichtmetall, Messing, Fiber u. a.	Negativkordel (Spitzen vertieft) für Stahl
			

Die Größe der Teilung t ist abhängig von dem Durchmesser D und der Breite b. Bei Breiten über 6 mm ist die Fasenhöhe gleich der Teilung t, sonst ist sie geringer. An Stelle der Fase kann eine Rundung treten. Kreuzrändel und Kordel werden bisweilen nur angedeutet (**113.1**).



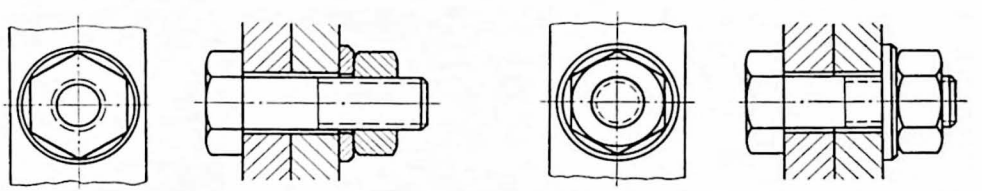
113.1 Andeutung einer Kordel

8.13 Schraubverbindungen

Sie sind lösbare Verbindungen und lassen sich beliebig oft auseinandernehmen und zusammensetzen.

Maschinenschraubverbindung (**113.2**). Die zu verbindenden Teile haben durchgehende Löcher; Muttern und Unterlegscheiben werden nicht im Schnitt dargestellt. Die Schraubenlänge wird so gewählt, daß das Schaftende aus der Mutter nur wenig herausragt. Abmessungen hierüber sind in DIN 78 enthalten. Die Trennlinie der zusammengeschraubten Werkstücke wird bis an den Schraubenschaft herangeführt.

Durchgangslöcher (DIN 69) sind etwas größer als die Schraubendurchmesser. Sinnbilder für Durchgangs- und für Gewindelöcher vorzugsweise für Maschinen- und Lokomotivbau s. DIN 407 Bl. 2.

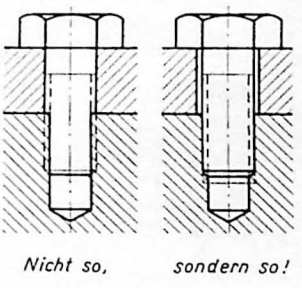


Nicht so, *sondern so!*

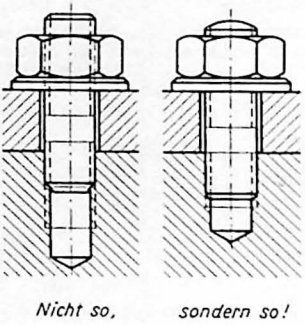
113.2 Maschinenschraubverbindung

Kopfschraubenverbindung (**114.1**). Das untere Werkstück hat ein Gewindegrundloch, das obere ein Durchgangsloch. Von dem Gewindegrundloch ist nur der vom Schraubenschaft nicht verdeckte Teil zu sehen. In Grauguß, in Weich- und in Leichtmetall werden bei Gefahr der Zerstörung der Gewindegänge durch häufiges Ein- und Ausschrauben statt Kopfschrauben Stiftschrauben verwendet.

Stiftschraubenverbindung (**114.2**). Stiftschrauben werden in der ganzen Länge des Einschraubgewindes fest eingedreht. Die Trennlinie der zu verbindenden Teile und die Gewindebegrenzungslinie des Einschraubendes liegen daher in gleicher Höhe.



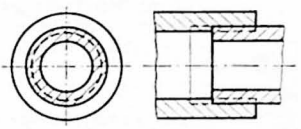
114.1 Kopfschraubenverbindung



114.2 Stiftschraubenverbindung

Für Stiftschrauben ohne Gewinderille am Einschraubende ist eine Aussenkung des Gewindelochs unter einem Senkwinkel von 60° und für Stiftschrauben in Leichtmetall eine zylindrische Aussenkung, die zu bemaßen sind, empfehlenswert.

Rohrverschraubung (**114.3**). Bei der im Schnitt dargestellten Rohrverschraubung wird das Innengewinde des äußeren Rohres durch das Außengewinde des inneren Rohres verdeckt.



114.3 Rohrverschraubung

Senkungen (DIN 75)

Sie dienen zur Aufnahme von Schraubenköpfen.

Die Köpfe der Senk- und Linsensenkschrauben werden in kegelige Senkungen nach DIN 75 Bl. 1 eingelassen.

Diese werden mit den Buchstaben A bis D versehen und wie folgt verwendet:

Senkung A für Senkschrauben DIN 63 und für Linsensenkschrauben DIN 91

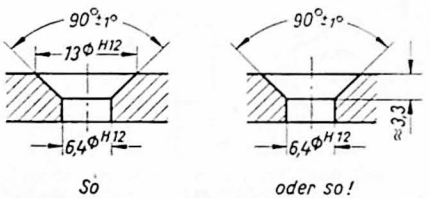
Senkung B für Senkschrauben DIN 87 und DIN 7987 und für Linsensenkschrauben DIN 88 und DIN 7988 (**114.4** und 5)

Senkung C für Senkblechschrauben DIN 7972 und DIN 7982 und für Linsensenkblechschrauben DIN 7973 und DIN 7983

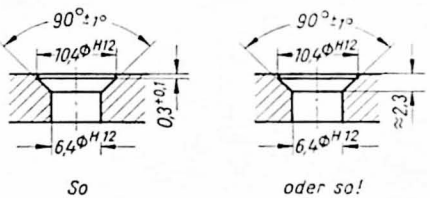
Senkung D für Senkholzschrauben DIN 97 und DIN 7997 und für Linsensenkholzschrauben DIN 95 und DIN 7995

Für die Senkungen A und B bestehen die Ausführungen mittel (m) und fein (f).

Die Senkung „fein" hat eine zylindrische Vertiefung (**114.5**) und kommt für Feinmechanik und Feinwerkzeug-Maschinenbau in Betracht.

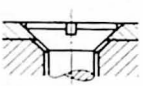


114.4 Senkung B „mittel"



114.5 Senkung B „fein"

Senkungen können verschieden bemaßt werden (**114.4** und 5). Der Mittelpunkt für das Winkelmaß liegt im Schnittpunkt der verlängerten Kegelseiten. Ist die Senktiefe größer als die Dicke des Werkstoffs, dann wird auch das Anschlußteil ausgesenkt, und zwar etwas weiter, da die Schraube sonst nicht anzieht (**114.6**).



114.6 Angesenktes Anschlußteil

Das genormte Kurzzeichen der Senkung B, mittel, für 6 mm Gewindedurchmesser lautet

Bm6 DIN 75

Senkungen für Zylinderschrauben werden nach DIN 75 Bl. 2 hergestellt, ebenfalls in den Ausführungen mittel (m) und fein (f) ausgeführt und mit Großbuchstaben bezeichnet.

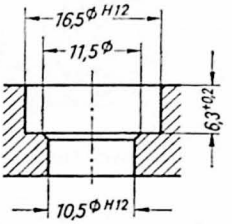
Es werden verwendet:

Senkung H für Zylinderschrauben nach DIN 84

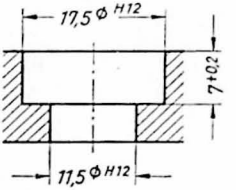
Senkung J für Zylinderschrauben mit Innensechskant nach DIN 6912

Senkung K für Zylinderschrauben mit Innensechskant nach DIN 912

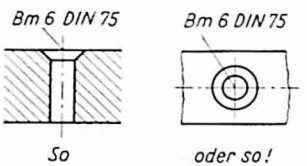
Die Durchgangslöcher der Senkungen für Gewinde von 24 mm Durchmesser und größer bei der Ausführung mittel und für 8 mm Gewindedurchmesser und größer bei der Ausführung fein werden gerundet oder unter 90° ausgesenkt (**115.**1), sonst aber nur entgratet (**115.**2).



115.1 Senkung Hf 10 DIN 75



115.2 Senkung Hm 10 DIN 75



115.3 Kurzzeichen für Senkungen

Für eine Zylinderschraube M10 (DIN 84) wird die Senkung in der Ausführung fein bezeichnet:

Hf 10 DIN 75

Senkungen sind nach Bild **115.**1 und 2 zu bemaßen. Kurzzeichen können an Stelle der Maße wie in Bild **115.**3 eingesetzt werden.

Siehe auch Senkungen in der Tafel auf Seite 117.

Bei Angabe des Kurzzeichens kann auf die Darstellung der Ansenkung verzichtet werden.

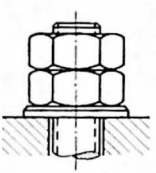
Schraubensicherungen

Schraubenverbindungen an beweglichen Teilen und solche, die Erschütterungen ausgesetzt sind, müssen gegen Lockern gesichert werden. Das geschieht unter anderem durch:

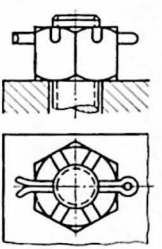
Doppelmuttern (**115.**4); die zuerst aufgeschraubte Mutter kann niedriger sein.

Kronenmuttern mit Splint (**115.**5). Die Nachstellmöglichkeit ist durch mehrere Schlitze in der Krone gewährleistet. Splinte s. S. 126.

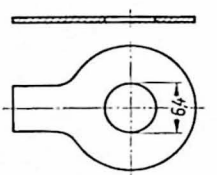
Sicherungsbleche mit Lappen (**115.**6); dieser wird nach dem Festziehen der Mutter umgebogen (**115.**7). Es müssen immer beide Teile, Schraube und Mutter, gesichert sein.



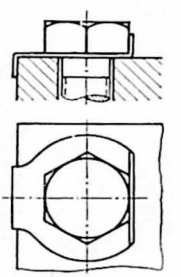
115.4 Doppelmutter



115.5 Kronenmutter mit Splint



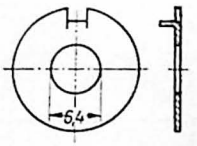
115.6 Sicherungsblech 6,4 DIN 93



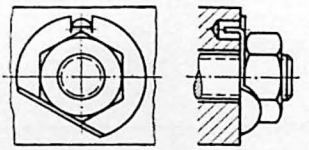
115.7 Gesicherte Schraube

Sicherungsbleche mit Nase (**116.**1). Sie wird vor dem Festziehen und Umbiegen in eine Bohrung eingelassen (**116.**2). Auch hier sind beide Teile, Schraube und Mutter, zu sichern.

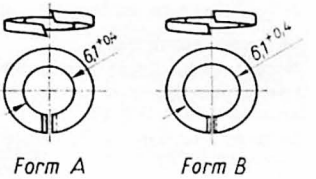
Federringe nach DIN 127 (**116.**3). Sie haben meißelförmig angeschärfte Enden, die als Form A aufgebogen und als Form B nicht aufgebogen sind (**116.**3) und beim Festschrauben in den Werkstoff eindringen (**116.**4).



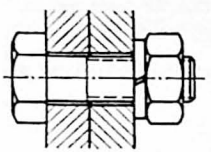
116.1
Sicherungsblech 6,4
DIN 432



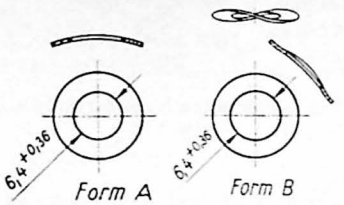
116.2
Gesicherte Mutter



116.3
Federring A6 DIN 127
Federring B6 DIN 127



116.4 Sicherung durch Federring



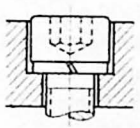
116.5 Federscheibe A 6,4 DIN 137
Federscheibe B 6,4 DIN 137

Federscheiben nach DIN 137 sind als Form A gewölbt oder als Form B gewellt (**116.**5). Die gewölbten Scheiben werden meist für Zylinder- und Halbrundschrauben-Verbindungen und die gewellten Scheiben für Sechskantschrauben-Verbindungen verwendet.

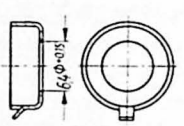
Federringe für Zylinderschrauben nach DIN 7980 (**116.**6)

Sicherungsnäpfe für versenkte Zylinderschrauben nach DIN 84 (**116.**7). Die Sicherung erfolgt durch die in eine Nut gelegte Lasche und den in den Schraubenschlitz eingedrückten Rand (**116.**8).

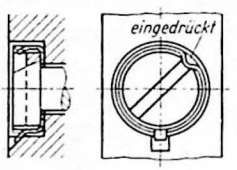
Sicherungsmuttern aus Blech (**116.**9) werden nach dem Aufschrauben von Hand mit einem Schraubenschlüssel angezogen (**116.**10). Vor dem Lösen wird die gesicherte Sechskantmutter kräftig angezogen, damit die Federwirkung der Sperrzähne aufgehoben wird.



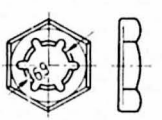
116.6
Sicherung durch Federring



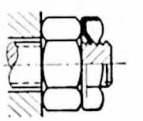
116.7
Sicherungsnapf 6
DIN 526



116.8
Sicherung der Zylinderschraube

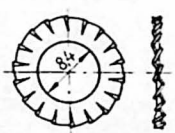


116.9
Sicherungsmutter M6
DIN 7967

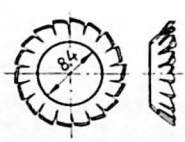


116.10
Sicherung der Sechskantmutter

Fächerscheiben (**116.**11) und federnde Zahnscheiben (**116.**12) gibt es in je 3 Ausführungen, und zwar mit Außenverzahnung als Form A, mit Innenverzahnung als Form J und für kegelige Senkungen als Form V.

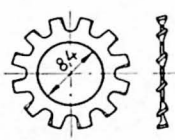


Form A

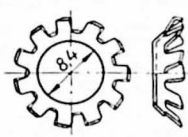


Form V

116.11 Fächerscheibe A 8,4 DIN 6798 und Fächerscheibe V 8,4 DIN 6798



Form A



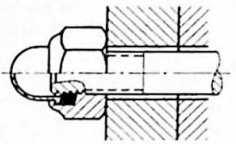
Form V

116.12 Zahnscheibe A 8,4 DIN 6797 und Zahnscheibe V 8,4 DIN 6797

Selbstsichernde Muttern nach DIN 985 haben einen Sicherungsring aus Polyamid und Hutmuttern nach DIN 986 einen Ring aus Polyamid oder aus Vulkanfiber, in den sich das Bolzengewinde beim Aufschrauben eindrückt (**117.**1 und 2).

Das Verdrehen nicht festgezogener Stellschrauben wird durch Einbau von Hemmfedern erschwert (**117.**3).

117.1
Sicherheitssechskantmutter DIN 985



117.2
Hutmutter mit Vulkanfiberring DIN 986

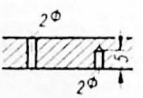
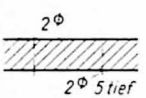
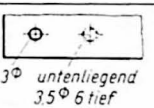
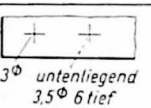
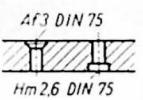
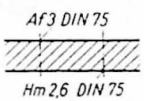
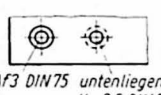
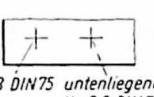
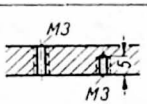
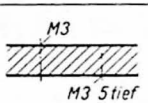
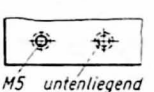
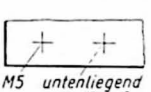
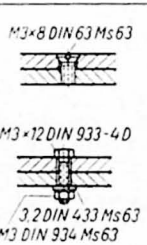
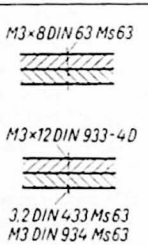
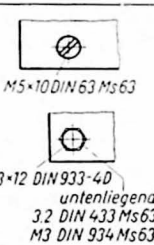
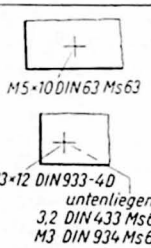
117.3 Hemmfeder

8.14 Kleindarstellungen von Gewinden und Gewindeteilen

Bohrungen, Senkungen, Gewinde und Schrauben können vereinfacht gezeichnet werden.

Maß- und Maßhilfslinien werden hierbei durch Bezugsstriche ersetzt, wenn der Außendurchmesser auf dem Zeichenbogen 5 mm oder weniger beträgt (DIN 406). Bezugsstriche führen von den Darstellungen zu den Maßbezeichnungen.

Beispiele von Kleindarstellungen (DIN 30)

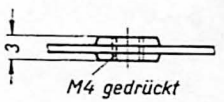
	Vorderansichten vereinfacht	Vorderansichten weiter vereinfacht	Draufsichten vereinfacht	Draufsichten weiter vereinfacht
Bohrungen				
Senkungen				
Gewinde				
Schraubverbindungen				

Kleinste Darstellungen werden allein durch Mittellinien angedeutet. Die Bezugsstriche liegen hierbei stets auf der Seite, auf der die Bohrungen, Senkungen und Gewinde beginnen

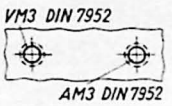
oder die Schrauben eingesteckt werden. Sind diese verdeckt, so wird eine sinngemäße Bezeichnung hinzugefügt, z. B. „untenliegend", „von unten einführen", und die Bezugslinie teilweise gestrichelt.

Sinnbilder für Schrauben in Stahlbauzeichnungen s. S. 203.

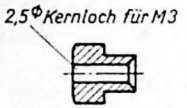
Besonderheiten. Bei gedrückten Gewinden muß hinter dem Gewindekurzzeichen die Angabe „gedrückt" stehen (**118.1**). Blechdurchzüge mit Innengewinde, s. DIN 7952, sind nach Bild **118.2** zu bemaßen, dabei bedeuten: V = vertieft, A = aufwärts. Wird Gewinde in eine Buchse erst nach dem Einnieten geschnitten, so ist in der Darstellung der Buchse nur das Kernloch vorzusehen (**118.3**) und das Gewinde in der Gesamtzeichnung anzugeben (**118.4**).



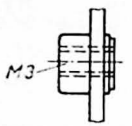
118.1 Gedrücktes Gewinde



118.2 Blechdurchzüge



118.3 Buchse ohne Gewinde

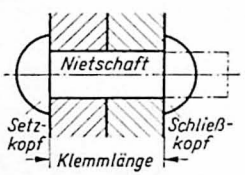


118.4 Eingebaute Buchse mit Gewinde

8.2 Nietverbindungen

8.21 Allgemeines

Nietverbindungen sind unlösbar, ein Auseinandernehmen ohne Zerstörung der Niete oder der verbundenen Teile ist nicht möglich. Der geschlagene Niet besteht aus Setzkopf, Schaft und Schließkopf (**118.5**). Nietstähle sind in DIN 17 110 genormt.



118.5 Nietverbindung

Der Setzkopf befindet sich am Schaft des Rohnietes, während der Schließkopf erst bei der Nietarbeit am anderen Schaftende entsteht. Die Gesamtdicke der zu verbindenden Teile heißt Klemmlänge. Zum bequemen Einstecken der Niete werden die Nietlöcher etwas größer ausgeführt als die Rohnietdurchmesser. Durch Hämmern oder Pressen wird der Nietschaft auf den Nietlochdurchmesser gestaucht und zugleich der Schließkopf gebildet.

Es gibt Halbrundniete (**119.4**), Senkniete (**119.5**), Linsenniete (**119.6**), Flachrundniete (**119.7**) und andere. Der Schließkopf kann eine vom Setzkopf abweichende Form haben.

Der Durchmesser des geschlagenen Nietes, der Nietlochdurchmesser d_1 (**120.4**), richtet sich nach der kleinsten zur Verbindung gehörenden Plattendicke und ist für die Berechnung ausschlaggebend.

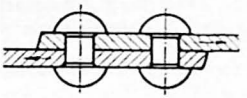
8.22 Arten

Es gibt feste, feste und dichte und dichte Nietverbindungen. Feste Nietverbindungen sollen vornehmlich Kräfte übertragen. Hierzu gehören die Nietverbindungen des Stahlbaues (Stützen, Brücken, Krane, Dachkonstruktionen und Blechträger). Feste und dichte Nietverbindungen haben Bedeutung im Kesselbau. Hier sollen die Nähte nicht nur fest, sondern auch dicht sein, um das Entweichen des unter Druck stehenden Kesselinhaltes zu verhüten. Sie unterscheiden sich äußerlich von den Nietverbindungen im Stahlbau durch größere Nietköpfe und kleinere Nietabstände. Dichte Nietverbindungen sind im Behälterbau erforderlich.

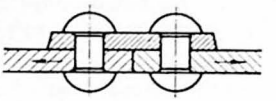
Übereinandergeschobene und vernietete Bleche ergeben eine Überlappungsnietung (**119.1**). Wird über stumpf aneinanderstoßende Bleche eine Lasche gelegt, dann handelt es sich um eine Laschennietung (**119.2**). Bei der Doppellaschennietung (**119.3**) liegen auf beiden Seiten der Bleche Laschen. Es gibt ferner einschnittige (**119.1** und **119.2**) und mehrschnittige (**119.3**) Vernietungen, je nachdem, ob die Klemmlänge aus den Dicken zweier oder mehrerer Bleche besteht, der Nietschaft also ein- oder mehrmals auf Abscheren

beansprucht wird. Überlappungsnietungen und einfache Laschennietungen sind demnach einschnittig, Doppellaschennietungen hingegen zweischnittig und demgemäß haltbarer. Einschnittige Nietverbindungen werden auch durch ungünstige Beanspruchungen infolge auftretender Drehmomente leicht deformiert; sie sind daher gegenüber zweischnittigen nicht vorteilhaft.

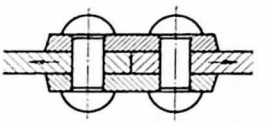
Die Abmessungen für Nietverbindungen ergeben sich aus Festigkeitsberechnungen und Erfahrungswerten. Sie können Zahlentafeln, die in technischen Handbüchern enthalten sind, entnommen werden.



119.1 Zweireihige Überlappungsnietung



119.2 Einreihige Laschennietung



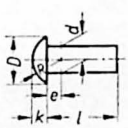
119.3 Einreihige Doppellaschennietung

8.23 Niete unter 10 mm Durchmesser (119.4 bis 8)

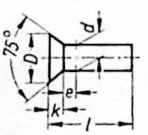
Sie werden kalt genietet. Solche Verbindungen sind nicht sehr dicht und halten nur geringen Kräften stand. Der Schaftdurchmesser d wird im Abstande e vom Kopf gemessen. Der Nietbezeichnung werden Durchmesser und Länge des Rohnietes, Normblattnummer und Werkstoffangabe beigefügt, z. B.

Halbrundniet 5×20 DIN 660 — Ms 63

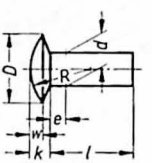
Als Nietlänge gilt bei Halbrund- und bei Linsennieten die Schaftlänge allein und bei Senknieten die Schaftlänge mit Setzkopf.



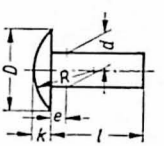
119.4 Halbrundniet DIN 660



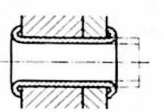
119.5 Senkniet DIN 661



119.6 Linsenniet DIN 662



119.7 Flachrundniet DIN 674



119.8 Geschlagener Rohrniet (Form B)

Weitere Niete sind: Riemenniete DIN 675, Nietstifte DIN 7341, Rohrniete DIN 7340 (119.8), ferner Hohlniete DIN 7331 und 7339. Sinnbilder für Niet-, Durchgangs- und Gewindelöcher s. DIN 407 Bl. 2.

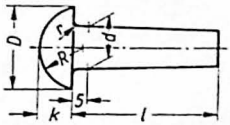
8.24 Stahlbau- und Kesselbauniete (120.1 bis 3)

Sie haben Durchmesser von 10 bis 36 mm, werden vor dem Einführen in die Nietlöcher am Schaftende hochgradig erhitzt und dann warm genietet.

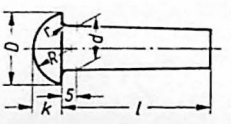
Der Durchmesser d_1 des geschlagenen Niets ist 1 mm größer als der Rohnietdurchmesser d. Dieser soll etwa 5 mm unterhalb des Kopfes vorhanden sein. Auf etwa 50 mm Länge darf der Schaft kegelig auf den Durchmesser des Ausgangswerkstoffs abfallen.

Die Klemmlänge soll nicht größer sein als der 4- bis 5fache Nietlochdurchmesser, da sonst das Stauchen über die ganze Schaftlänge und das Ausfüllen des Nietloches nicht mehr möglich sind. Bei Senknieten soll die Klemmlänge 6,5 d_1 nicht überschreiten.

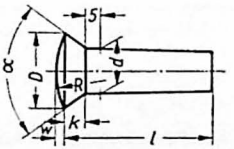
Nietlängen in Abhängigkeit von den Klemmlängen für	Stahlbauniete	Kesselbauniete
Halbrundsetzkopf und Halbrundschließkopf	DIN 124 Bl. 2	DIN 123 Bl. 2
Halbrundsetzkopf und Senkschließkopf	DIN 124 Bl. 3	DIN 123 Bl. 3
Senksetzkopf und Senkschließkopf	DIN 302 Bl. 2	DIN 302 Bl. 3
Senksetzkopf und Halbrundschließkopf	DIN 302 Bl. 4	DIN 302 Bl. 5



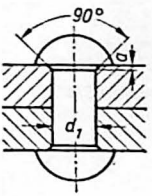
120.1 Halbrundniet DIN 123 (für Kesselbau)



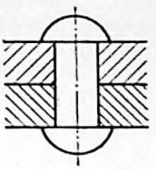
120.2 Halbrundniet DIN 124 (für Stahlbau)



120.3 Senkniet DIN 302 (für Stahlbau und Kesselbau)



120.4 Kesselnietung



120.5 Stahlbaunietung

Die vollständige Bezeichnung eines Senkniet es von $d = 16$ mm und $l = 30$ mm lautet

Senkniet 16×30 DIN 302 — MUSt 34

MUSt 34 ist unberuhigter Siemens-**M**artin-**St**ahl mit einer Zugfestigkeit von **34** bis 42 kp je mm² nach DIN 17110.

Kesselniete sind zwischen Nietschaft und Setzkopf mit $r = 0{,}1\,d$ gerundet (**120.1**). Hierfür wird das Nietloch unter 90° ausgesenkt (**120.4**). Die Senktiefe a ist gleich dem Halbmesser r.

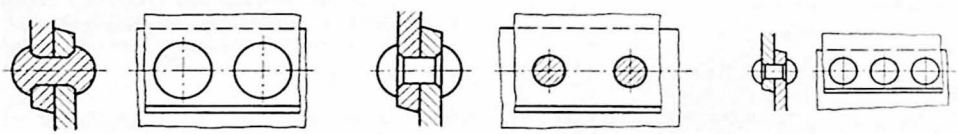
Stahlbauniete haben eine wesentlich kleinere Ausrundung, so daß die Nietlöcher nicht zu senken, sondern nur zu entgraten sind (**120.5**).

Rohnietdurchmesser in mm	**10**	**12**	14	**16**	18	**20**	22	**24**	27	**30**	33	**36**
Nietlochdurchmesser in mm	**11**	**13**	15	**17**	19	**21**	23	**25**	28	**31**	34	**37**

Die fettgedruckten Größen werden bevorzugt.

8.25 Nietdarstellungen

Niete werden nicht im Längsschnitt gezeichnet (**120.6**). Beim Blick auf die Nietung in Richtung der Nietachsen (Seitenansicht) werden die Niete meist so dargestellt, als seien die Köpfe abgebrochen. Ein Niet wird somit durch einen schraffierten Lochkreis dargestellt, auch wenn es sich um einen Senkniet handelt. Sind die Kreise bei kleinen Zeichnungsmaßstäben jedoch so klein, daß das Zeichnen Schwierigkeiten bereitet, dann werden die Kreise der Köpfe gezeichnet. Die Schraffur fällt dann fort.



120.6 Darstellung einer Kesselnietverbindung

Kleindarstellungen (DIN 30)

Vorderansicht		Draufsicht	
Vereinfachung	weitergehende Vereinfachung	Vereinfachung	weitergehende Vereinfachung
2×5 DIN 660 MUSt 34	2×5 DIN 660 MUSt 34 mit Senk-Schließkopf	2×5 DIN 660 MUSt 34 mit Senk-Schließkopf	2×5 DIN 660 MUSt 34 mit Senk-Schließkopf

Verbindungen durch Niete von 1 bis 10 mm Durchmesser können wie nebenstehend vereinfacht dargestellt und bemaßt werden.

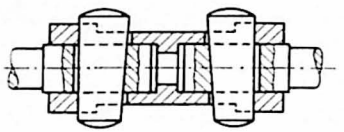
Sinnbilder für Niete in Stahlbauzeichnungen s. S. 203.

8.3 Keile, Federn, Bolzen und Stifte

8.31 Keile

Es werden unterschieden je nach der Richtung des Eintreibens zur Achse: Querkeile und Längskeile, und nach dem Verwendungszweck: Befestigungs-, Spann- und Nachstellkeile. Keile erzeugen durch ihren Anzug Pressungen. Keilverbindungen sind mithin Spannungsverbindungen und halten die Werkstücke meist durch Selbsthemmung zusammen.

Querkeile dienen gewöhnlich zur Verbindung von Stangen (**121**.1) und werden eingeschlagen, eingedrückt oder eingezogen.

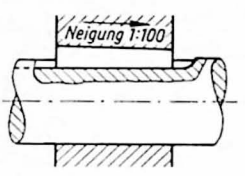


121.1 Stangenverbindung durch Querkeile

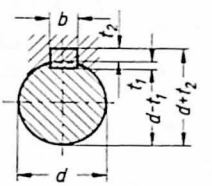
Die Keilneigung ist 1 : 15 bis 1 : 25, wenn die Verbindung oft gelöst werden muß, sonst 1 : 30 oder 1 : 40 und für Dauerverbindungen bis 1 : 100.

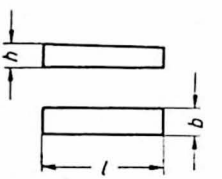
Längskeile dienen vorwiegend zur Befestigung von Zahnrädern und Riemenscheiben auf Wellen. Sie erfordern einen strammen Sitz der zu verbindenden Teile und liegen in der Regel in der Wellen- und in der Nabennut (**121**.2). Die Neigung der Längskeile ist 1 : 100, desgleichen die der Nabennuten. Durch die Neigung entstehen beim Eintreiben Pressungen zwischen den Rückenflächen des Keils und den Nutgründen in Nabe und Welle.

Keile bestehen aus gezogenem Flußstahl nach DIN 6880 mit 60 oder 80 kp/mm² Mindestzugfestigkeit. Die Abmessungen am Querschnitt des Keilstahls sind toleriert.



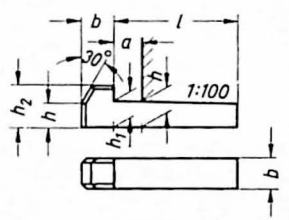
121.2 Verbindung durch Längskeil



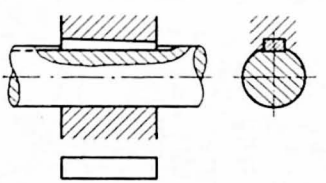


121.3 Treibkeil (Keil B DIN 6886)

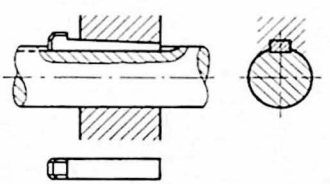
Treibkeile haben gerade Stirnflächen (**121**.3). Nasenkeile sind wegen der Unfallgefahr lediglich an geschützten Stellen zu verwenden, wenn nur von einer Seite ein- und ausgetrieben werden kann (**121**.4). Treibkeile und Nasenkeile können große Kräfte übertragen. Flachkeile sind nicht so tief in die Nut eingelassen (**121**.5 und 6) und können auch auf einer Abflachung der Welle liegen.



121.4 Nasenkeil DIN 6887

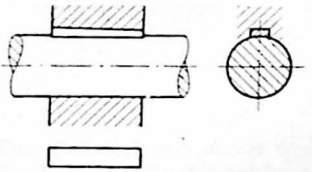


121.5 Flachkeil DIN 6883

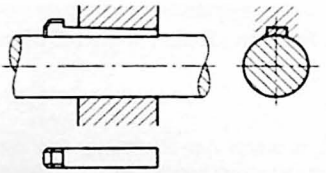


121.6 Nasenflachkeil DIN 6884

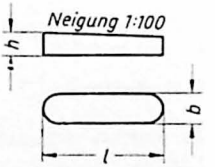
Hohlkeile (**122**.1 und 2) sitzen lediglich durch Reibung auf der Welle fest und übertragen nur geringe Kräfte. Einlegekeile (**122**.3) haben runde Stirnflächen und werden an Stelle der Treibkeile und Nasenkeile gebraucht, wenn der Platz zum Aus- und zum Eintreiben fehlt. Der Einlegekeil wird vor dem Aufschieben der Nabe eingelegt.



122.1 Hohlkeil DIN 6881



122.2 Nasenhohlkeil DIN 6889



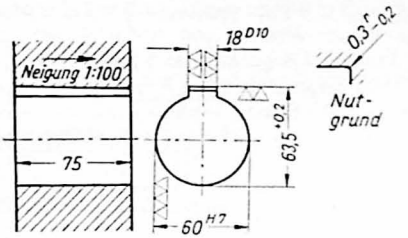
122.3 Einlegekeil (Keil A) DIN 6886

Beim Treib-, Flach- und Einlegekeil (**121.3**, **121.5** und **122.3**) wird die Keilhöhe *h* am dicken Ende, beim Nasenkeil (**121.4**) in der Entfernung *a* von der Nase gemessen.

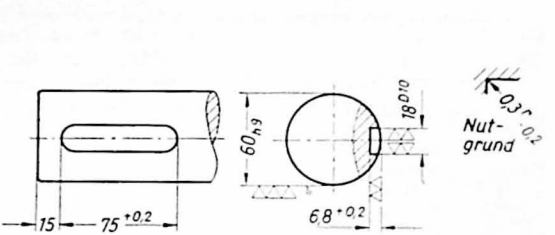
Keile haben genormte Bezeichnungen. Ein Treibkeil von 12 mm Breite, 8 mm Höhe und 70 mm Länge aus St 60 wird bezeichnet

Keil B 12×8×70 DIN 6886 — St 60

Zweckgemäße Bemaßung einer Naben- und einer Wellennut zeigen die Bilder **122.4** und 5.



122.4 Keilnut in der Nabe



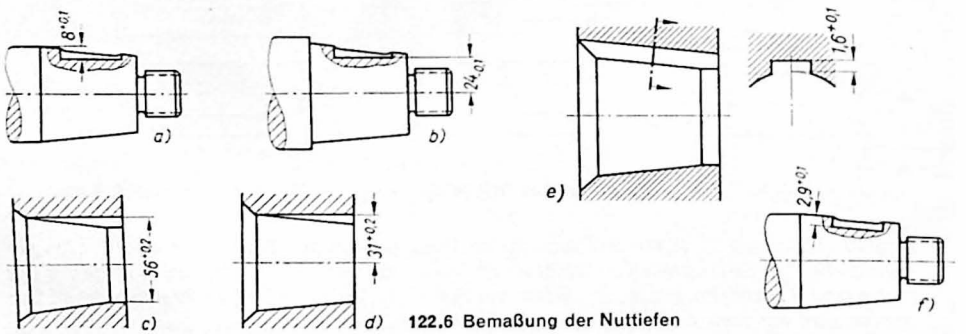
122.5 Keilnut in der Welle

Die Richtung der Neigung wird durch einen Pfeil angegeben. Sie ist, abgesehen von Einlegekeilen, zugleich die Richtung, in der die Keile eingetrieben werden.

Abmessungen für Keile und Nuten enthalten die Normblätter. Für Nutbreiten ist die Toleranz D 10 vorgesehen und für Keilbreiten eine h-Toleranz. Somit entsteht eine Spielpassung.

Steht bei der Herstellung der Nabennut das Meßverfahren nicht fest, dann werden die Maße $d + t_2$ und t_2 eingetragen (**121.2**), sonst nur eins der beiden, meist $d + t_2$. Dasselbe gilt sinngemäß für die Maße $d - t_1$ und t_1 der Wellennut (**121.2**).

Die Tiefe eines parallel zur Kegelachse liegenden Nutgrundes wird unter Berücksichtigung der Toleranzen möglichst von der Mantelfläche einer benachbarten Zylinderform aus bemaßt (**122.6a**), sonst von der Kegelachse aus (**122.6b**).



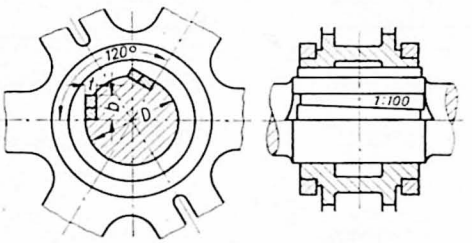
122.6 Bemaßung der Nuttiefen

Bleibt an einer kegeligen Nabenbohrung ein Teil der zylindrisch vorgedrehten Bohrung erhalten, so wird der Nutgrund vom gegenüberliegenden Scheitel der Bohrung aus angegeben (**122.6** c), andernfalls von der Mittelachse aus (**122.6** d).

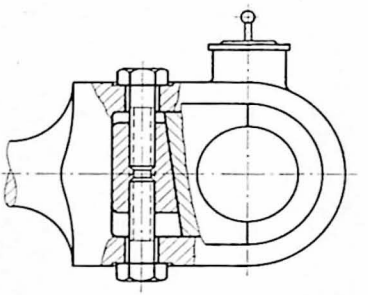
Die Bemaßung der Tiefe einer parallel zur Kegelseitenlinie laufenden Nut geschieht nach Bild **122.6** e und f.

Tangentkeile (DIN 271) übertragen sehr große Kräfte, z. B. von Kurbelwellen auf Schwungräder, und werden paarweise verwendet (**123.1**). Tritt wie in Walzwerken stoßartiger Wechseldruck auf, dann werden Tangentkeile mit größeren Abmessungen gewählt (DIN 268).

Spann- und Nachstellkeile haben größere Neigungen (1:10 oder 1:5) und damit keine Selbsthemmung (**123.2**). Der Keil wird durch eine Schraube angezogen und kann durch eine Gegenschraube gelöst werden; beide sind gegen Lockern zu sichern.



123.1 Tangentkeilnuten DIN 271



123.2 Stangenkopflager mit Spann- und Nachstellkeil

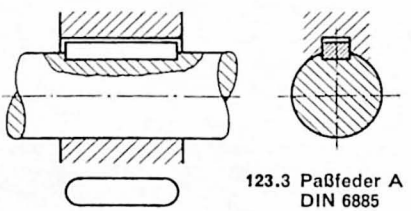
8.32 Federn

Paßfedern haben keine Neigung, also keinen Anzug, und tragen nur mit den Flanken, den schmalen Längsseitenflächen (**123.3**). Sie übertragen Drehbewegungen und erlauben die axiale Verschiebung von Bohrung oder Welle. Diese Verbindungen heißen Mitnehmerverbindungen.

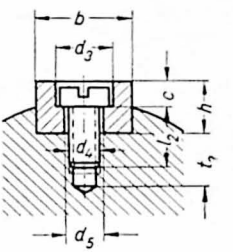
Es gibt drei Ausführungen:
1. hohe Paßfedern, DIN 6885 Bl. 1 (**124.1**)
2. hohe Paßfedern für Werkzeugmaschinen, DIN 6885 Bl. 2 und
3. niedrige Paßfedern, DIN 6885 Bl. 3

Paßfedern bestehen aus Flußstahl mit 60 kp/mm² Mindestzugfestigkeit und werden rund- oder geradstirnig ausgeführt je nachdem, ob sie in eine mit dem Schaft- oder mit dem Scheibenfräser gefertigte Nut gelegt werden (**124.1** Form A und B).

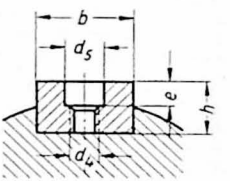
Alle geradstirnigen Federn und die rundstirnigen, sofern sie zur Führung hin- und hergleitender Teile dienen, sind mit Zylinderschrauben (DIN 84) zu befestigen (**123.4**). Federn unter 8×7 Querschnitt werden verstiftet, verstemmt oder fest eingepaßt. Zum bequemen Lösen aus der Nut dienen Abdrückschrauben oder Schrägungen (Form E und G).
Die Befestigungsschrauben sollen so bemessen sein, daß sie auch als Abdrückschrauben benutzt werden können (**123.5**).



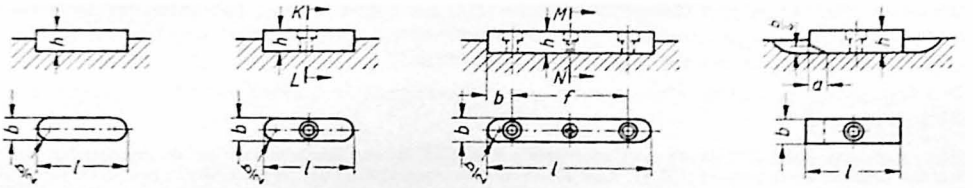
123.3 Paßfeder A DIN 6885



123.4 Festgeschraubte Paßfeder



123.5 Gewindeloch für Abdrückschraube

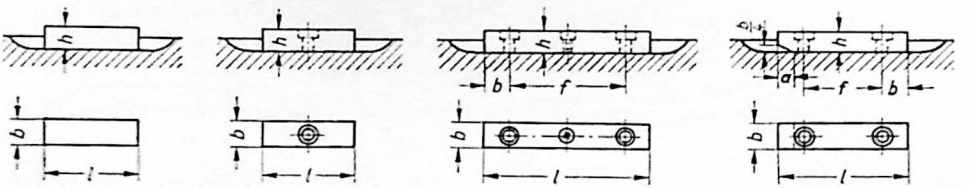


A rundstirnig ohne Halteschraube

C rundstirnig für 1 Halteschraube Schnitt K–L s. Bild 123.4

E rundstirnig für 2 Halteschraube und 1 oder 2 Abdrückschrauben Schnitt M–N s. Bild 123.5

G geradstirnig für 1 Halteschraube und Schrägung



B geradstirnig ohne Halteschraube

D geradstirnig mit Halteschraube

F geradstirnig für 2 Halteschraube und 1 oder 2 Abdrückschrauben

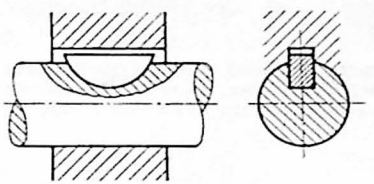
H geradstirnig für 2 Halteschraube und Schrägung

124.1 Paßfedern DIN 6885 Bl. 1 (Auszug)

Auch Paßfedern haben genormte Bezeichnungen. Für eine Feder der Form A von 20 mm Breite, 12 mm Höhe und 100 mm Länge aus St 60 lautet die Benennung

Paßfeder A 20×12×100 DIN 6885-St 60

Die Paßfedernut in der Bohrung wird wie eine Keilnut bemaßt (122.4), jedoch ohne Angabe der Neigung 1 : 100 und ohne Richtungspfeil, da Paßfedernuten Neigungen nicht haben. Die Breite der Nut in der Bohrung erhält je nach dem Zweck, den die Federn erfüllen sollen, eine der im Normblatt angegebenen Toleranzen. Die Bemaßung der Paßfedernut in der Welle entspricht ebenfalls der Bemaßung einer Keilnut (122.5). Für die Wellennutbreite sind zwei Toleranzen möglich, eine für einen festen und eine für einen losen Sitz der Feder.



124.2 Scheibenfeder DIN 6888

Weitere Normenhinweise

DIN 748 Zylindrische Wellenenden
DIN 749 Kegelige Wellenenden
DIN 750 Kurze kegelige Wellenenden

Scheibenfedern haben Seitenflächen in Form von Kreisabschnitten und sind besonders an Werkzeugmaschinen üblich (124.2).

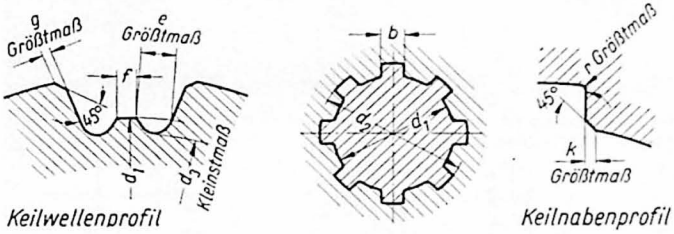
Die Herstellung ist verhältnismäßig billig, doch wird die Welle durch die tiefere Nut merklich geschwächt. Breite und Höhe des aus der Nut herausragenden Teiles der Scheibenfeder entsprechen den Maßen bei Paßfedern.

Keilwellenverbindungen übertragen große Kräfte.

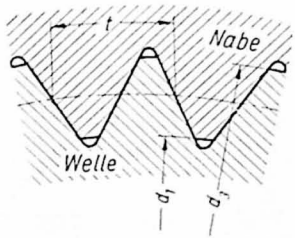
Keilwellenverbindungen mit geraden Flanken (125.1) eignen sich besonders für Verschieberäder in Hochleistungsschaltgetrieben und sind auf DIN 5461 bis 5463, 5465, 5471 und 5472 genormt.

Die vorstehenden Rippen haben überall gleiche Höhe, also keinen Anzug, und sind als einzelne Längsfedern anzusehen. Zahnnaben- und Zahnwellenprofile mit Evolventenflanken s. DIN 5482.

Kerbverzahnungen schwächen die Welle in nur geringem Maße, zentrieren die Nabe zwangsläufig und übertragen große Kräfte (**125.2**). Voraussetzungen sind genaue Zahnteilungen und Zahnflankenwinkel.



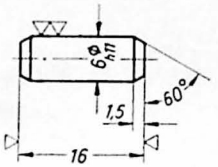
125.1 Keilwelle und Keilnabe mit geraden Flanken DIN 5463



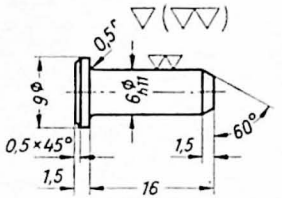
125.2 Kerbverzahnung DIN 5481

8.33 Bolzen

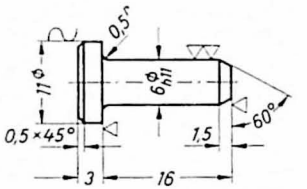
Sie sind Verbindungselemente für Gelenke, werden gewöhnlich mit Spielpassung gelagert und durch Scheiben und Splinte gesichert. Es sind mehrere Arten genormt: Bolzen ohne Kopf (**125.3**), blanke (**125.4**) und halbblanke Bolzen mit kleinem (**125.5**) und großem Kopf (**125.6**). Jede Ausführung kann ohne oder mit Splintloch versehen sein. Außerdem gibt es halbblanke Bolzen mit Gewindezapfen (**125.7**) und halbblanke Senkbolzen mit Nase (**126.1**), für die in dem ausgesenkten Loch eine Nut vorgesehen werden muß.



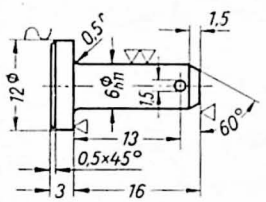
125.3 Bolzen 6 h11 × 16 DIN 1433



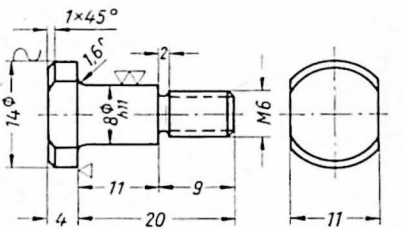
125.4 Bolzen 6 h11 × 16 DIN 1434



125.5 Bolzen 6 h11 × 16 DIN 1435



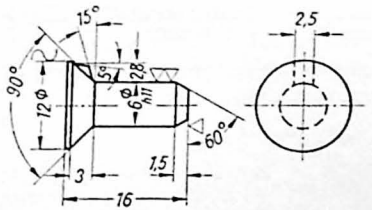
125.6 Bolzen 6 h11 × 16 DIN 1436



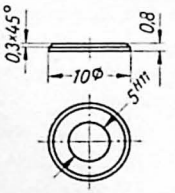
125.7 Bolzen 8 h11 M6 × 11 × 20 DIN 1438 (Gewinderille nach DIN 76 Bl. 1)

Für alle Bolzen können blanke (**126.2**) oder rohe Scheiben (**126.3**) vorgesehen werden.

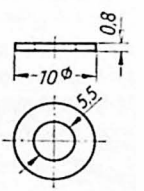
Der Splint (**126.4**) hat kleineren Durchmesser als das Splintloch. Er ist abhängig von dem Bolzen- bzw. Schraubendurchmesser. Angaben hierüber und über die Verteilung der Splinte an Bolzen- und Schraubenenden (**126.5**) enthält DIN 94.



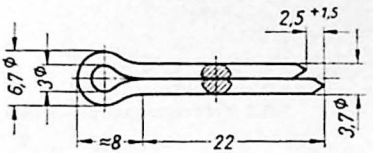
126.1 Senkbolzen 6 h11 × 16 DIN 1439



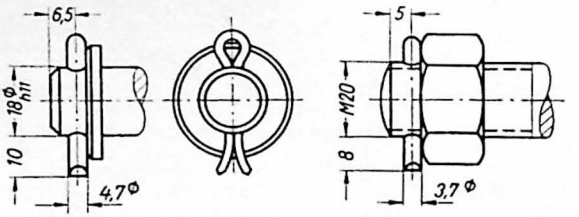
126.2 Blanke Scheibe 5 DIN 1440



126.3 Rohe Scheibe 5,5 DIN 1441



126.4 Splint 4 × 22 DIN 94



126.5 Splinte an Bolzen und Schraubenenden

8.34 Stifte

Kegelstifte haben Durchmesser von 0,6 bis 50 mm, den Kegel 1 : 50 und als Form A eine feingeschlichtete Mantelfläche (126.6) oder als Form B eine geschlichtete.

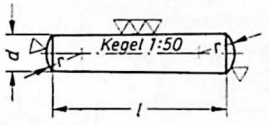
Sie dienen als Haltestifte zur Befestigung von Werkstücken, wie Ringe auf Wellen (126.7), oder als Paßstifte zur Sicherung der gegenseitigen Lage der Teile und stellen bei wiederholtem Zusammenbau infolge zentrierender Wirkung die alte Lage wieder her.

Der Durchmesser d wird am dünnen Ende gemessen; l ist die tragende Länge.

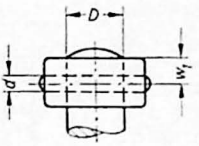
Die Bezeichnung eines Kegelstiftes, Form B, von $d = 4$ mm Durchmesser und $l = 26$ mm Länge aus gezogenem Stahl mit 50 kp/mm² Mindestzugfestigkeit lautet

Kegelstift B 4×26 DIN 1-St 50 K

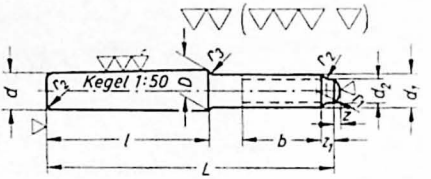
Kegelstifte mit Gewindezapfen (126.8) haben entweder konstante Zapfenlängen (DIN 7977) oder konstante Kegellängen (DIN 258). Es gibt auch Kegelstifte mit Innengewinde (DIN 7978). Die Befestigungslöcher für alle Kegelstifte müssen kegelig aufgerieben werden.



126.6 Kegelstift DIN 1



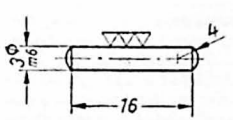
126.7 Befestigung mit Kegelstift DIN 1



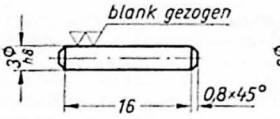
126.8 Kegelstift mit Gewindezapfen DIN 258

Zylinderstifte haben Durchmesser von 0,8 bis 50 mm und unterscheiden sich in der Form und in den Toleranzen.

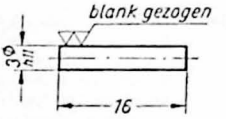
Stifte mit der Toleranz m6 (127.1) haben Rundkuppen, sind hauptsächlich Paßstifte und aus St 50 K hergestellt. Stifte mit der Toleranz h8 (127.2) haben Kegelansätze, werden meist als Verbindungs- und Befestigungsstifte gebraucht und bestehen aus St 50 K oder St 37 K. Stifte mit der Toleranz h11 (127.3) haben völlig ebene Stirnflächen, werden vorwiegend als Nietstifte verwendet und aus St 37 K gefertigt. Bild 127.4 zeigt eine Zylinderstiftverbindung. Gehärtete Zylinderstifte, Toleranzfeld m6, s. DIN 6325.



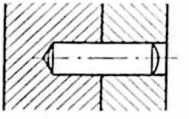
127.1 Zylinderstift 3 m6×16 DIN 7



127.2 Zylinderstift 3 h8×16 DIN 7



127.3 Zylinderstift 3 h11×16 DIN 7

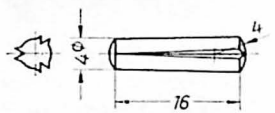


127.4 Zylinderstift-verbindung

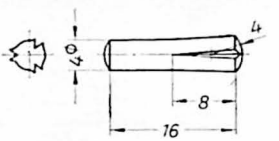
Kerbstifte haben Durchmesser bis 20 mm (127.5 bis 127.9) und sind durch eingedrückte Schlitze so weit aufgekeilt, daß gegenüber dem Loch Übermaß vorhanden ist.

Sie werden in ungerlebene Bohrungen eingetrieben, sitzen sehr fest und sind vielseitig verwendbar. Ein Beispiel zeigt Bild 127.10. In Leichtmetall sind sie jedoch nur für untergeordnete Zwecke zulässig.

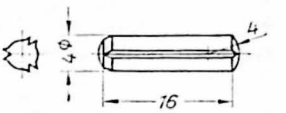
Zylinderkerbstifte mit Einführende s. DIN 1470.



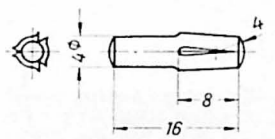
127.5 Kegelkerbstift 4×16 DIN 1471



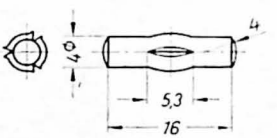
127.6 Paßkerbstift 4×16 DIN 1472



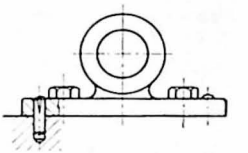
127.7 Zylinderkerbstift 4×16 DIN 1473



127.8 Steckkerbstift 4×16 DIN 1474



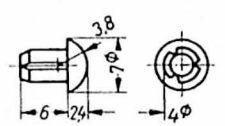
127.9 Knebelkerbstift 4×16 DIN 1475



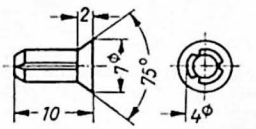
127.10 Sicherung der Lage durch Paßkerbstift

Kerbnägel (127.11 und 12) werden nicht bei Holz und nur zu solchen Verbindungen gebraucht, die nicht belastet und nicht gelöst werden, z. B. zur Befestigung von Schildern.

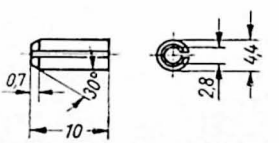
Spannhülsen (127.13) sind durchgehend geschlitzte Hohlzylinder, bestehen aus Federstahl und sind in schwerer und in leichter Ausführung in DIN 1481 bzw. 7346 genormt.



127.11 Halbrundkerbnagel 4×16 DIN 1476



127.12 Senkkerbnagel 4×10 DIN 1477



127.13 Spannhülse 4×10 DIN 1481

8.4 Schweißverbindungen

Durch Schweißen werden Teile aus gleichen und gleichartigen Metallen oder aus gleichen und verschiedenen Kunststoffen unter Anwendung von Wärme und Druck oder von Wärme allein innig miteinander zu einem Schweißteil verbunden. Die Vereinigung geht ohne oder mit Beigabe von artgleichem Werkstoff vonstatten.

Schweißverfahren

Es werden unterschieden gemäß DIN 1910 nach

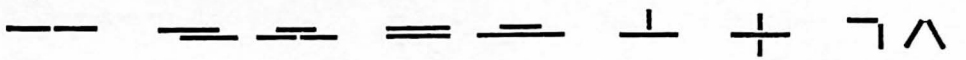
1. Art der Werkstoffe: Metall- und Kunststoffschweißen
2. Zweck des Schweißens: Verbindungs- und Auftragsschweißen
3. Art der Fertigung: Handschweißen und maschinelles Schweißen

Werden die Metalle bei hochgradiger Erhitzung der Verbindungsstellen unter Druck vereinigt, dann handelt es sich um **Preßschweißen**. Hierzu zählen besonders das Feuerschweißen und das Widerstandspreßschweißen. Beim **Feuerschweißen** werden die im offenen Feuer (Schmiedefeuer) oder im Ofen erhitzten Teile in teigigem Zustande durch Hämmern oder Pressen vereinigt. Beim **Widerstandspreßschweißen** werden die sich berührenden Verbindungsstellen durch Stromwärme erhitzt und dann zusammengepreßt. Hierunter fallen das Widerstands-Stumpfschweißen, bei dem die Teile mit ihren Stirnflächen verbunden werden, und das Widerstands-Punkt- und -Nahtschweißen.

Wird die Vereinigung der bis zum Schmelzen erhitzten Verbindungsstellen ohne Druck oder Schlag meist unter gleichzeitigem Einschmelzen eines Zusatzwerkstoffes vorgenommen, dann handelt es sich um **Schmelzschweißen**. Dazu gehören vorwiegend das Gasschweißen und das Lichtbogenschweißen. Beim **Gasschweißen**, auch **Autogenschweißen** genannt, werden die Verbindungsstelle und der Schweißdraht durch eine Sauerstoff-Azetylen- oder Sauerstoff-Wasserstoff-Flamme bis zum Schmelzfluß erhitzt. Verfahren der Autogentechnik sind in DIN 8522 erläutert. Beim **Lichtbogenschweißen** entsteht die Wärme durch einen elektrischen Lichtbogen an der Verbindungsstelle.

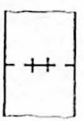
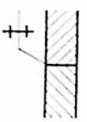
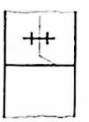
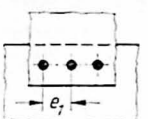
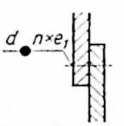
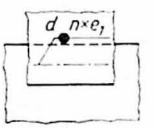
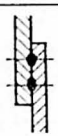
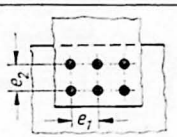
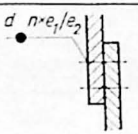
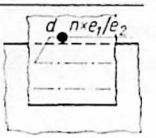
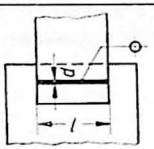
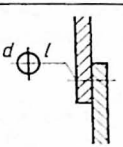
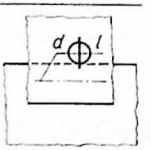
Kunststoffe werden durch geeignete heiße Gase, durch zweckmäßig gestaltete Heizelemente, durch bewegliche Heizkeile oder im Kondensatorfeld einer hochfrequenten Stromquelle auf die erforderliche Schweißtemperatur gebracht.

Darstellung. **Schweißstöße** heißen die Stellen, an denen die Teile durch Schweißen verbunden sind. Die Anordnung der Teile kann u. a. erfolgen als



Stumpfstoß | Überlappstoß | Parallelstoß | T-Stoß | Kreuzstoß | Eckstoß

Preßschweißen (Auszug aus DIN 1911)

bildlich		sinnbildlich	
Schnitt	Ansicht	Schnitt	Ansicht
			
Gratnaht			
			
Einreihige Punktnaht. d = Durchmesser der Schweißlinse in mm, n = Anzahl der Schweißpunkte einer Reihe, e_1 = Punktabstand in mm			
			
Zweireihige Punktnaht. d = Durchmesser der Schweißlinse in mm, n = Anzahl der Schweißpunkte einer Reihe, e_1 = Punktabstand in mm, e_2 = Reihenabstand in mm			
			
Durchgehende Rollennaht. d = Durchmesser der Schweißlinse in mm, l = Länge der Schweißnaht in mm			

Die Formen der Nähte sind von dem Stoß, von der Art und der Dicke des Werkstoffs, von der Beanspruchung der Schweißstelle, von der Schweißart und dem Schweißverfahren abhängig.

Die **Kennzeichnung** der Schweißung geschieht durch Sinnbilder, Maßangaben, Zusatzzeichen und Fertigungsangaben nach Bedarf und soll sich in der Zeichnung nicht wiederholen. In den Tafeln jedoch sind sie sowohl im Schnitt als auch in der Ansicht enthalten, um zu zeigen, wie sie einzutragen sind, wenn zur Darstellung nur ein Bild nötig ist. Bisweilen genügt nämlich die Darstellung in nur einem Bilde, im Schnitt oder in der Ansicht.

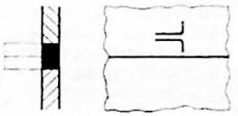
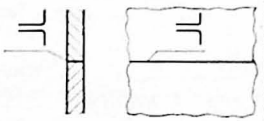
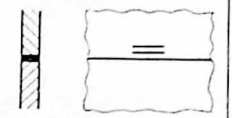
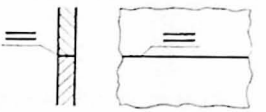
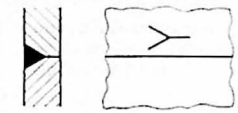
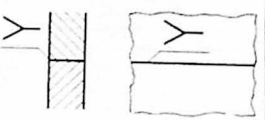
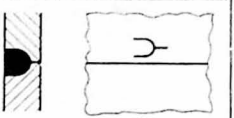
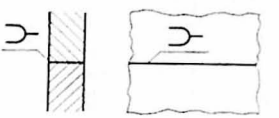
Im Schnitt ist dann die bildliche und in der Ansicht die sinnbildliche Darstellung zu bevorzugen (**133.1**).

Sind die Schnittflächen der Schweißteile geschwärzt, dann wird sinnbildlich dargestellt.

Die wichtigsten Nähte sind in den folgenden Tafeln wiedergegeben.

Schmelzschweißen (Auszug aus DIN 1912) — Verbindungsschweißen

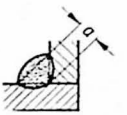
Nahtformen, soweit sie in der Tafel S. 130 und 131 nicht enthalten sind.

bildlich		sinnbildlich		bildlich		sinnbildlich	
Schnitt	Ansicht	Schnitt	Ansicht	Schnitt	Ansicht	Schnitt	Ansicht
							
Bördelnaht				I-Naht			
							
Y-Naht				U-Naht			

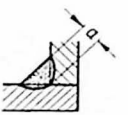
Das Schweißsinnbild kann auch in die dafür unterbrochene Nahtlinie gesetzt werden. Die Lage der Sinnbilder in der Zeichnung ist der Darstellung der Nähte anzupassen, ausgenommen sind Kehlnähte (S. 131).

Kehlnähte werden je nach dem Nahtquerschnitt in überwölbte flache und hohle Nähte eingeteilt (129.1 bis 3).

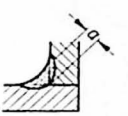
a bedeutet Schweißnahtdicke, sie entspricht der Höhe des einbeschriebenen Dreiecks



129.1 Wölbnaht



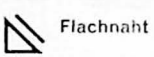
129.2 Flachnaht



129.3 Hohlnaht

Zusatzzeichen. Den Sinnbildern können besondere Zeichen beigegeben werden.

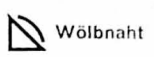
Es bedeuten


Flachnaht

Hohlnaht

eingeebnete Naht

bearbeitete Übergänge


Wölbnaht

durchlaufende flache Kehlnaht

ausgekreuzte Wurzel, gegengeschweißte Kapplage

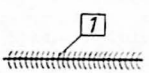
Fortsetzungszeichen

Für die Angabe der Nahtfolge sind in Quadrate eingeschriebene, laufende Zahlen vorgesehen (129.4).

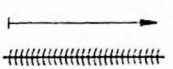
Schweißrichtungen können durch Pfeile mit Begrenzungsstrich, der auch den Anfang einer Naht anzeigen kann, bezeichnet werden (129.5).

Werden Nahtfolge und Schweißrichtung angegeben, wird das Quadrat in den Pfeilstrich gesetzt (129.6).

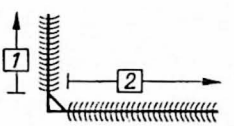
Eine erst bei der Montage auf dem Bau zu schweißende Naht wird durch Anhängen eines Fähnchens an das betreffende Schweißzeichen angedeutet (129.7).



129.4 Nahtfolge



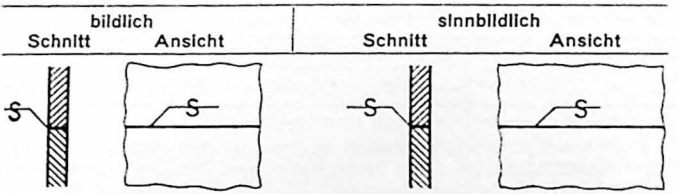
129.5 Schweißrichtung



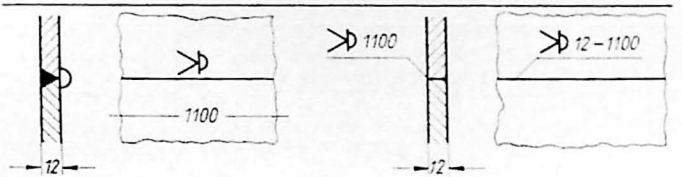
129.6 Nahtfolge und Schweißrichtung

129.7 Montagezeichen

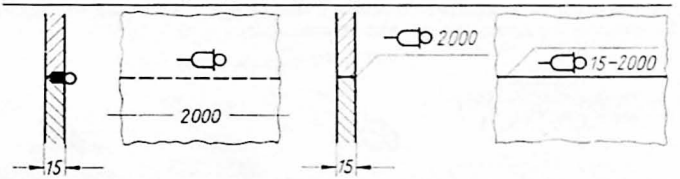
Kurze Bogenlinien deuten Schweißraupen (Schuppung) an und sollen nur zum Hervorheben einer Naht eingetragen werden. Die Schuppung wird in einer langen Naht weitgehend unterbrochen und durch das Fortsetzungszeichen ersetzt (s. V-Naht auf S. 130).



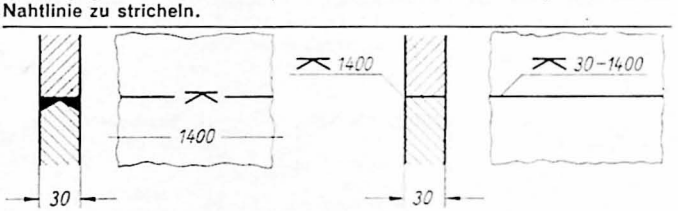
Stumpfnaht. Allgemeines Zeichen zur Andeutung einer Schweißnaht, z. B. auf Angebotszeichnungen



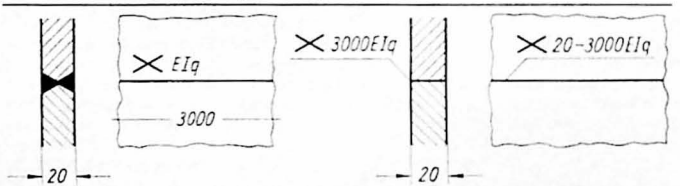
V-Naht. Nahtoberfläche sichtbar, Nahtdicke a = 12, Nahtlänge l = 1100 Wurzel ausgekreuzt, Kapplage gegengeschweißt



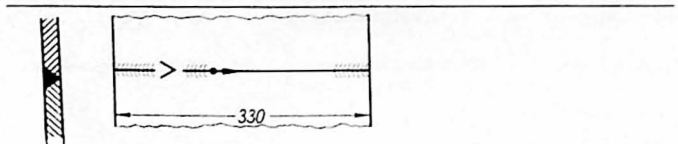
U-Naht. Nahtdicke a = 15, Nahtlänge l = 2000 Naht eingeebnet. Liegt bei einseitig geschweißten Stumpfnähten die Nahtwurzel vorn, dann ist die Nahtlinie zu stricheln.



K-Naht. Nahtdicke a = 30, Nahtlänge l = 1400



X-Naht. Nahtdicke a = 20, Nahtlänge l = 3000, Lichtbogenschweißen Güte I, Schweißposition q (s. S. 132)



V-Naht (bildlich). Fertigungszeichen für die Schuppung, durch Fortsetzungszeichen vereinfacht

Fertigungsangaben

Die Fertigungsangaben für eine Schweißverbindung umfassen alle erforderlichen Einzelheiten über Ausführung, Nachbehandlung und Prüfung. Sie sind nach Bedarf als Kurzzeichen oder in Worten, soweit es angängig ist, hinter das Schweißzeichen zu setzen.

Die Eintragung geschieht in nachstehender Reihenfolge:

1. Schweißsinnbild, gegebenenfalls mit Zusatzzeichen, und Maßangaben s. S. 128 u. f.

2. Schweißverfahren (nach DIN 1910). Sie werden durch Buchstaben gekennzeichnet:

G = Gasschweißen, E = Lichtbogenschweißen, UP = Unterpulverschweißen, SG = Schutzgaslichtbogenschweißen, m = maschinelles Schweißen u. a. So bedeutet z. B. Em = maschinelles Lichtbogenschweißen.

3. Gütewert. Es bestehen die Güteklassen I bis III. Sie werden durch den Fertigungsaufwand und gewisse Voraussetzungen umrissen:

a) Der Werkstoff muß zum Schweißen geeignet sein.

b) Die Vorbereitung muß fachgerecht sein und überwacht werden.

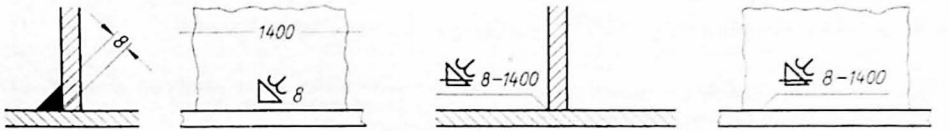
c) Das Schweißverfahren ist nach Werkstoffeigenschaften, Werkstoffdicke und Beanspruchung der Verbindung zu wählen.

d) Es ist ein auf den Grundwerkstoff abgestimmter, geprüfter bzw. zugelassener Zusatzwerkstoff zu verwenden.

e) Die Arbeit ist von geprüften Schweißern auszuführen und zu überwachen.

f) Es ist der Nachweis fehlerfreier Ausführung durch geeignete Prüfverfahren zu führen.

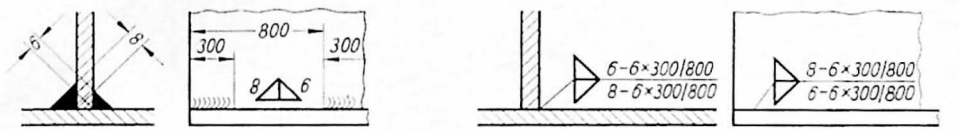
bildlich		sinnbildlich	
Schnitt	Ansicht	Schnitt	Ansicht



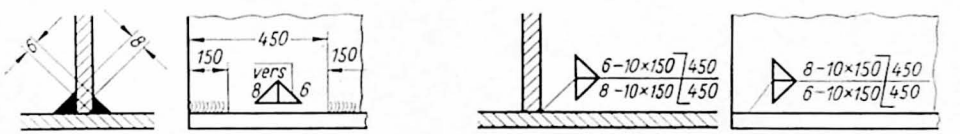
Durchlaufende, sichtbare Kehlnaht. Nahtdicke $a = 8$, Nahtlänge $l = 1400$
Bearbeitete Übergänge

Durchlaufende, verdeckte Kehlnaht. Nahtdicke $a = 6$, Nahtlänge $l = 200$
Das Sinnbild in der bildlichen Ansicht entfällt, da die Kennzeichnung eindeutig ist.

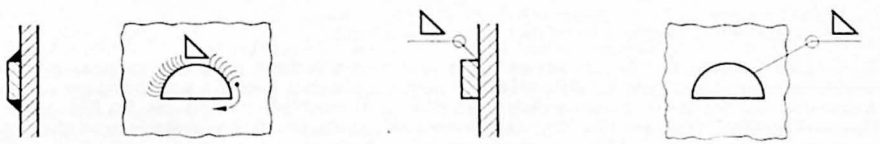
Durchlaufende Doppelkehlnaht. Dicke a der Nähte = 8, Nahtlänge $l = 1000$



Unterbrochene, gegenüberliegende Doppelkehlnaht. Dicke a der sichtbaren Naht = 8, Dicke a der verdeckten Naht = 6, Anzahl der Teilungen $n = 6$, Nahtlänge $l = 300$, Teilung $e = 800$



Unterbrochene, versetzte Doppelkehlnaht. Sichtbare Flachnaht $a = 8$, verdeckte Flachnaht $a = 6$, Anzahl der Teilungen $n = 10$, Nahtlänge $l = 150$, Teilung $e = 450$

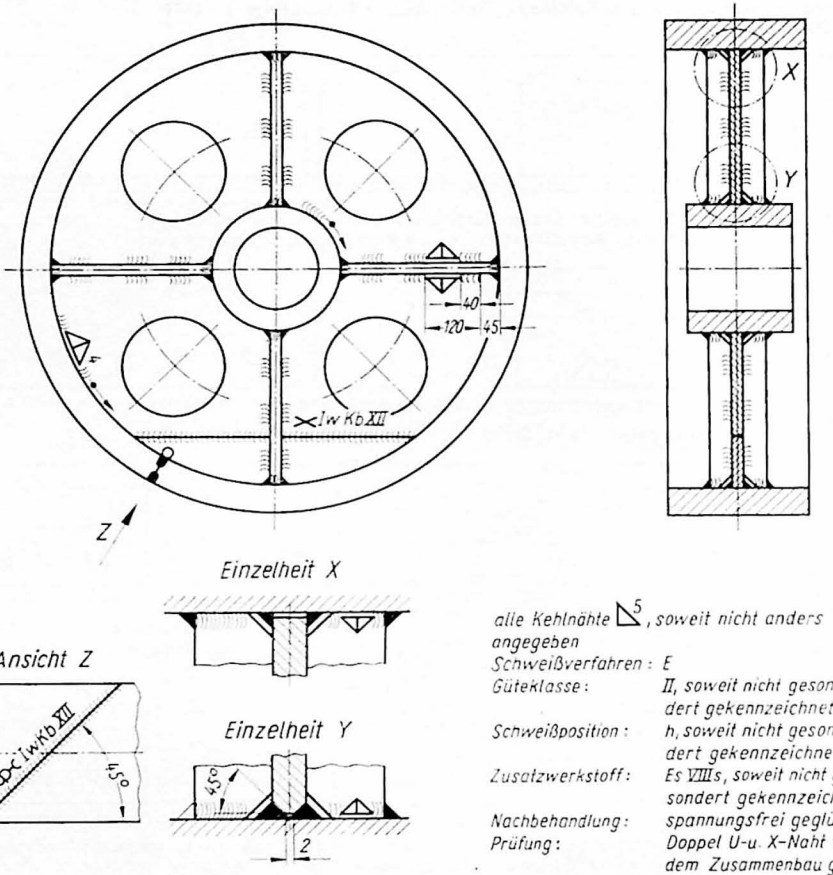


Umlaufende, flache Kehlnaht (Ringsumzeichen)

Die Güteklasse I umfaßt alle Voraussetzungen und II nur die unter a bis e aufgeführten. In der Güteklasse III sind geprüfte Schweißer nicht notwendig und besondere Vorschriften für Überwachung und Prüfung nicht festgelegt. Die Arbeit muß aber fachgerecht sein. Dem Verwendungszweck entsprechend, können auch einzelne Voraussetzungen, natürlich ohne Angabe einer Güteklasse, festgelegt werden. Besondere Anforderungen, wie „öldicht", „vakuumdicht" u. a., sind möglichst an den Darstellungen der betreffenden Schweißnähte zu vermerken.

4. Schweißpositionen werden mit Kleinbuchstaben angegeben. Hierbei bedeuten:

w = waagerechtes Schweißen der Stumpf- und der Kehlnähte
h = horizontales Schweißen der Kehlnähte
s = Schweißen einer Steignaht (von unten nach oben)
f = Schweißen einer Fallnaht (von oben nach unten)
q = Schweißen einer Quernaht (waagerecht an einer senkrechten Wand)
ü = Überkopfschweißen



132.1 Bildliche Darstellung eines geschweißten Rades. Die Einzelheiten zeigen jedoch vollen Nahtquerschnitt

5. Zusatzwerkstoffe. Lichtbogen-Schweißelektroden für das Verbindungsschweißen von unlegiertem und niedriglegiertem Stahl sind in DIN 1913 Bl.1 genormt. Es gibt hiernach nichtumhüllte und umhüllte Elektroden. Zu den nichtumhüllten Elektroden (Kurzzeichen: 0) gehören die nackten Elektroden und die Seelenelektroden. (Kurzzeichen: 00). Jene haben als Lichtbogenstabilisatoren feinverteilte Schlackeneinschlüsse und diese eine Füllung (Seele) in Richtung der Achse.

Die Mäntel umhüllter Schweißelektroden bestehen aus verschiedenen Stoffen. Sie haben Einfluß auf Verwendbarkeit, auf schweißtechnisches Verhalten ,auf Güte und Aussehen der Schweißnaht u. a.

Ummantelte Elektroden sind daher in Typen eingeteilt, die mit einem aus zwei Buchstaben bestehenden Kurzzeichen gekennzeichnet sind. So bedeuten:

Ti Titandioxyd-Typ, Es Erzsaurer Typ, Ox Oxydischer Typ, Kb Kalkbasischer Typ und Ze Zellulose-Typ

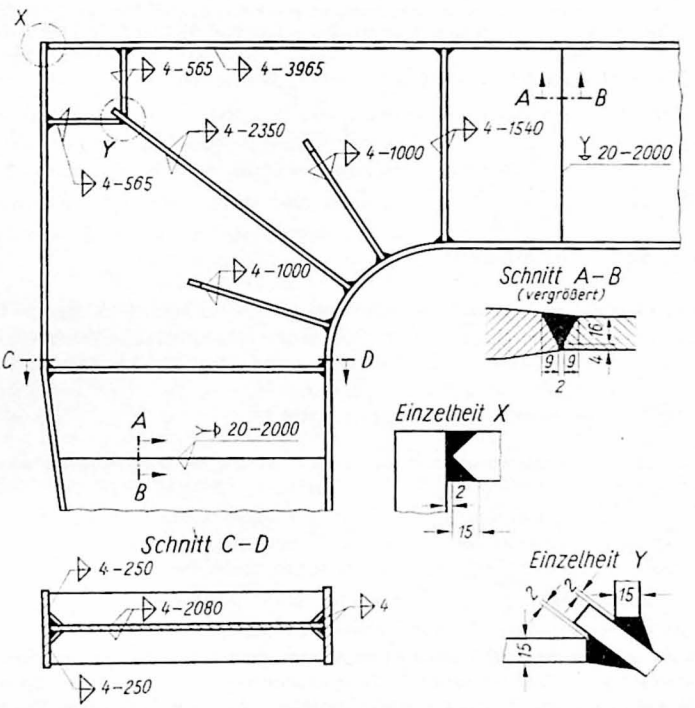
Tiefeinbrand-Elektroden (Tf) und Eisenpulver-Elektroden (Fe) sind durchweg überdick umhüllt, meist Abarten der vorgenannten Typen und werden mit je zwei Buchstabenpaaren gekennzeichnet, z. B. Tf Ti. Sind sie aber nicht artverwandt, erhalten sie das Gruppenkurzzeichen So (Sondertyp), z. B. Fe So.

Für das Schweißen der verschiedenen Stahlsorten sind die Elektroden in 13 Klassen unterteilt, die mit römischen Zahlen (I bis XIII) bezeichnet werden. Die Klassen VI bis XIII sind überwiegend den umhüllten Elektroden vorbehalten.

Die Dicke der Umhüllung einer Elektrode wird durch einen der Kleinbuchstaben d (dünn), m (mitteldick) oder s (sehr dick) angegeben. Überdicke Umhüllungen werden nicht besonders kenntlich gemacht.

Somit lautet das Kurzzeichen einer Schweißelektrode z. B.: Es VIII s und bedeutet: Erzsaurer Typ, Anwendungsklasse **VIII**, sehr dicke Umhüllung

Elektrodenkurzzeichen können durch Anhängen arabischer Ziffern erweitert werden. Diese kennzeichnen nach DIN 1913 Bl. 1 den mechanischen Gütewert des reinen Schweißgutes, die Schweißpositionen und die Stromkreis-Charakteristik.



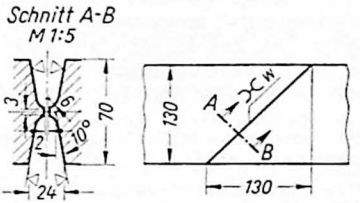
133.1 Vereinigung von bildlicher und sinnbildlicher Darstellung eines Schweißteils

Drähte, die mit dem Schweißbrenner niedergeschmolzen werden, heißen Gasschweißdrähte. Es bestehen je nach der Verwendbarkeit 7 Klassen, die mit 0 bis VI bezeichnet werden. Für das Verbindungsschweißen der üblichen Baustähle sind Drähte der Klassen I bis III geeignet. Das in DIN 8554 genormte Kurzzeichen der Drähte setzt sich aus dem Kennzeichen für das Schweißverfahren (G), der Klassenbezeichnung und der Angabe des Normblattes zusammen, z. B. G III DIN 8554. Neben der deutschen Bezeichnung gibt es auch eine ISO-Kennzeichnung.

Zusatzwerkstoffe für Lichtbogen- und Gasschweißen von Grauguß s. DIN 2301 und für Auftragsschweißen s. DIN 8555, Vornorm. Zusatzwerkstoffe und Schweißpulver für das Unterpulverschweißen s. DIN 8557.

Legierungen zum Schweißen und Hartlöten der Leichtmetalle s. DIN 1732 und der Schwermetalle s. DIN 1733. Schweißen plattierter Stähle s. DIN 8553.

6. Nachbehandlung und Prüfung werden durch Angaben, wie „spannungsfrei geglüht", „Dichtheitsprüfung mit 10 atü", „Durchschallung" u. a., und besondere Abnahmevorschriften unter Hinweis auf diese, z. B. „DIN 4100", „Germanischer Lloyd" usw., festgelegt.



134.1 Doppel-U-Naht mit vorbereiteter Fuge

Sind Wortangaben zu umfangreich oder gelten sie ebenso wie manche Kurzzeichen für einen größeren Bereich, dann sind solche Fertigungshinweise zusammenzufassen und an eine geeignete Stelle, etwa über das Schriftfeld, des Zeichenbogens zu setzen. Beispiele zeigen Bild **132.1** und **133.1**.

Fugenformen

Reichen die Schweißzeichen zur Kennzeichnung der Vorbereitung und des Endzustandes der Nähte nicht aus, so sind Einzelheiten, insbesondere die vorzubereitende Fugenform, besonders und gegebenenfalls vergrößert darzustellen (**134.1**).

Die Form der Schweißfugen ist abhängig von der Dicke des Werkstoffs und der Art der Verbindung.

Fugenformen an Stählen für offenes Lichtbogenschweißen von Hand s. DIN 8551 Bl. 1, für Gasschweißen s. DIN 8551 Bl. 2, für Schweißen mit Tiefeinbrand-Elektroden s. DIN 8551 Bl. 3 und für Unterpulverschweißen s. DIN 8551 Bl. 4.

Fugenformen für Stumpfstoßverbindungen an Rohrleitungen s. DIN 2559.

Zeichnungsbeispiele (**132.1** und **133.1**)

Konstruktionsmaße, Oberflächenzeichen u. a. sind der Übersichtlichkeit wegen fortgelassen worden.

Besteht ein Werkstück aus Stücken, die durch Schweißen oder Löten verbunden sind, dann erhalten Schnittflächen unterschiedliche Schraffuren (**133.1**).

8.5 Schraubenfedern

Schraubenfedern sind schraubenlinig, gewöhnlich rechtsgewundene, federnde Metalldrähte mit rundem, seltener viereckigem Querschnitt. Sie werden als elastische Werkstücke zwischen andere Teile eingebaut und entweder auf Druck, Zug oder Drehung beansprucht.

8.51 Zylindrische, kaltgeformte Druckfedern (DIN 2095)

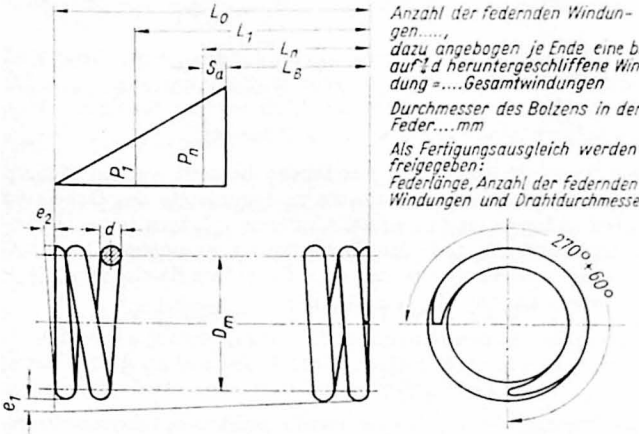
Druckfedern mit Drahtdurchmessern bis 10 mm werden kalt, solche mit Durchmessern zwischen 10 und 17 mm je nach Werkstoff, Verwendung und Beanspruchung der Feder kalt oder warm geformt.

Zur Vermeidung einseitiger Beanspruchung wird an jedem Ende eine ganze, nichtfedernde Windung angebogen. Die Drahtenden liegen auf entgegengesetzten Seiten der Federachse und werden bis auf den vierten Teil des Drahtdurchmessers heruntergeschliffen (**135.1**).

Bei Federn unter 0,5 mm Drahtdurchmesser ist ein Planschliff meist nicht erforderlich (**135.2**).

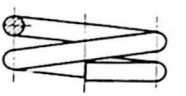
Es wird entweder der äußere Windungsdurchmesser oder der innere bemaßt, je nachdem, ob die Feder in einer Bohrung oder über einem Dorn arbeitet, deren Durchmesser im Text anzugeben zweckmäßig ist. Der mittlere Windungsdurchmesser D_m dient zur Berechnung der Drahtlänge. Die Federlänge (L_0) bezieht sich stets auf den ungespannten Zustand. Linksgewundene Federn erhalten zum Durchmesser den Zusatz „linksgewickelt" auch dann, wenn dieser Windungssinn aus der Darstellung bereits hervorgeht. Eine zulässige Abweichung (e_1) der Mantellinie von der Senkrechten an der unbelasteten Feder kann eingetragen werden, wenn sie für die Wirksamkeit bedeutungsvoll ist. Dasselbe gilt für eine auf den Außendurchmesser bezogene zulässige Abweichung (e_2) in der Parallelität der geschliffenen Auflageflächen.

Wird die Belastung der Feder geprüft, ist ein Kraft-Weg-Diagramm zu zeichnen. Darin werden in der Regel angegeben: die im Gebrauch auftretende größte Federkraft (P_1) und die Prüfkraft (P_n) mit den dazugehörigen Längen (L_1 und L_n), die Blocklänge (L_B), bei der alle Windungen aneinanderliegen, und die Summe (S_a) der Mindestabstände zwischen den Windungen.



135.1 Zylindrische Druckfeder (DIN 2095)

Zur Herstellung der Feder müssen einige Angaben als Fertigungsausgleich freigegeben und gekennzeichnet werden, und zwar bei einer vorgeschriebenen Federkraft und vorgeschriebener Länge (L_0) die Zahl der federnden Windungen und entweder der Drahtdurchmesser (d) oder der innere oder äußere Windungsdurchmesser und bei zwei vorgeschriebenen Federkräften dieselben Werte und außerdem die Federlänge (L_0).



135.2 Angelegte Endwindung

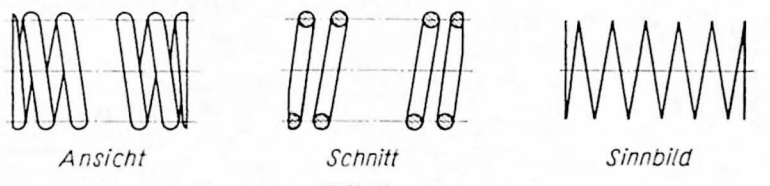
Runder Federstahldraht ist auf DIN 2076 genormt. Die Bezeichnung eines 360 mm langen Drahtes von 2,5 mm Durchmesser der Klasse IV nach DIN 2076 lautet:

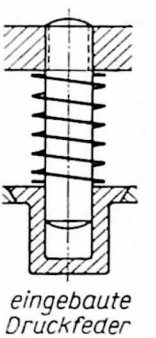
Federstahldraht IV 2,5 × 360 DIN 2076

Federn werden auch aus Kupferdraht (DIN 1766), Messingdraht (DIN 1757) u. a. hergestellt.

Die Angabe des Werkstoffs gehört in das Schriftfeld.

Die an Stelle der Windungen im Mittelteil üblich gewesenen Strichlinien fallen sowohl in Ansichts- als auch in Schnittzeichnungen weg. Häufig ist die Darstellung einer Feder durch eine dicke Zickzacklinie ausreichend.

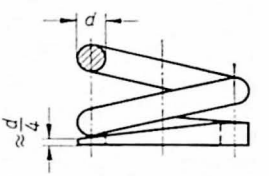




135.3 Darstellung der Druckfedern (DIN 29)

8.52 Zylindrische, warmgeformte Druckfedern (DIN 2096)

Federn über 17 mm Drahtdurchmesser werden warmgeformt, unter bestimmten Voraussetzungen auch solche zwischen 10 und 17 mm Durchmesser. Die Enden der Federn haben je $^3/_4$ angebogene Windung und sind bei Werkstoffdurchmessern über 12,5 mm vor dem Abschleifen vierkantig ausgeschmiedet (**135.4**).



135.4 Ausgeschmiedetes und geschliffenes Federende

Als Fertigungsausgleich müssen freigegeben werden bei einer vorgeschriebenen Federkraft und vorgeschriebener Federlänge (L_0) die Zahl der federnden Windungen und entweder Drahtdurchmesser oder mittlerer Windungsdurchmesser und bei zwei vorgeschriebenen Federkräften die Federlänge (L_0), die Windungszahl und entweder der Drahtdurchmesser oder der mittlere Windungsdurchmesser.

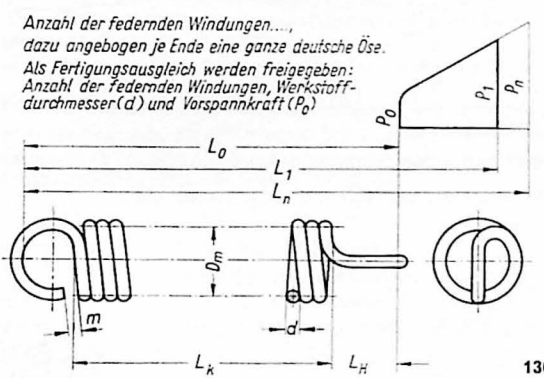
Runder Federstahl für warmgeformte Federn s. DIN 2077.

8.53 Zylindrische Zugfedern (DIN 2097)

Zugfedern bis 17 mm Werkstoffdurchmesser werden gewöhnlich aus federhartem Werkstoff und mit Vorspannung kaltgeformt. Federn mit größeren Werkstoffdurchmessern und für hohe Beanspruchung schon ab 10 mm Durchmesser werden schlußvergütet. Sie haben dann keine Vorspannung und brauchen keine aneinanderliegenden Windungen.

Statt des äußeren Windungsdurchmessers (D_a) kann der innere bemaßt werden (**136.**1). Die Länge (L_0) der unbelasteten Feder reicht von Innenkante zu Innenkante der Ösen und setzt sich aus der Länge (L_K) des Federkörpers und den zwei Abständen (L_H) bis zu den Öseninnenkanten zusammen. Ferner ist die Weite (m) der Ösenöffnung anzugeben. Im Prüfdiagramm sind gewöhnlich erforderlich: die Vorspannkraft (P_0), die größte Betriebskraft (P_1), die Prüfkraft (P_n) und die dazugehörigen Längen (L_0, L_1 und L_n).

Die Ausführung der Ösen ist verschieden; zu bevorzugen ist die ganze, deutsche Öse (**136.**1), bei der L_H 80% des inneren Durchmessers ist. Die Ösen einer Feder stehen in der Regel parallel zueinander oder um 90 ° gegenseitig versetzt.

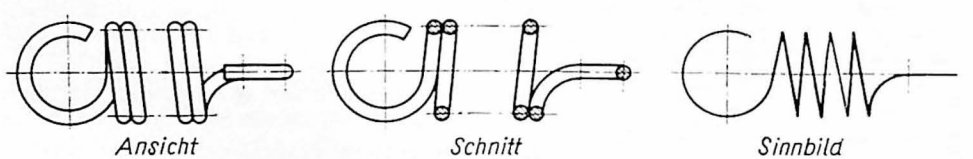


Als Fertigungsausgleich müssen freigegeben und gekennzeichnet werden, wenn eine Federkraft, Länge (L_0) und Vorspannkraft (P_0) vorgeschrieben sind: Anzahl der federnden Windungen und entweder der Werkstoffdurchmesser (d) oder der äußere oder innere Windungsdurchmesser und bei zwei vorgeschriebenen Federkräften die gleichen Größen und außerdem die Vorspannkraft (P_0).

Ein weit vereinfachtes Sinnbild einer Zugfeder zeigt Bild **136.**2.

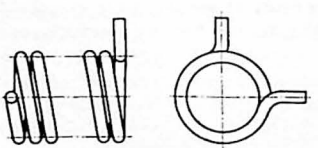
136.1 Zylindrische Zugfeder (DIN 2097)

Ansichten anderer Federn (Auszug aus DIN 29)

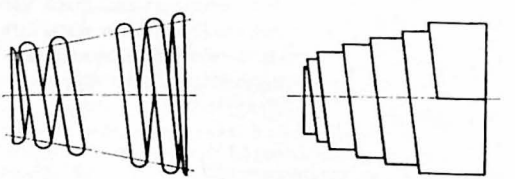


136.2 Darstellung einer Zugfeder

Die Berechnung der Federn mit rundem Querschnitt erfolgt nach DIN 2089, der Federn mit viereckigem Querschnitt nach DIN 2090, der gewundenen Biegefeder nach DIN 2088 und der Drehstabfedern nach DIN 2091. Tellerfedern sind nach DIN 2092 u. 2093 genormt.



136.3 Gewundene Biegefeder



136.4 Kegelige Druckfedern mit rundem und mit rechteckigem Querschnitt

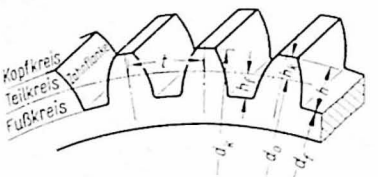
8.6 Zahnräder

Zahnräder dienen zur Übertragung von Kräften von Welle auf Welle und vielfach zur Änderung von Drehzahlen und Drehrichtungen.

8.61 Abmessungen

Zur Einteilung der Zähne dient der Teilkreis (137.1). Die Teilung t ist der Abstand von Mitte zu Mitte Zahn, als Bogenmaß in mm auf dem Teilkreis gemessen. Wird sie durch π geteilt, ergibt sich der Modul m in mm als Kenngröße der betreffenden Verzahnung. Er wird auch Durchmesserteilung genannt. Die Moduln sind in einer Reihe, der Modulreihe, nach DIN 780 genormt.

Der Modul ist also $m = \frac{t}{\pi}$ und die Teilung $t = \pi \cdot m$.



137.1 Bezeichnungen am Zahnrad

Beispiele

1. Bei einer Teilung $t = 15{,}7$ mm ist der Modul

$$m = \frac{t}{\pi} = \frac{15{,}7\text{ mm}}{3{,}14} = 5\text{ mm}$$

2. Bei einem Modul $m = 4$ mm ist die Teilung

$$t = \pi \cdot m = 3{,}14 \cdot 4\text{ mm} = 12{,}56\text{ mm}$$

Der Umfang des Teilkreises wird durch Malnehmen des Teilkreisdurchmessers d_0 mit π oder durch Malnehmen der Zähnezahl z mit der Teilung t berechnet:

$$U = \pi \cdot d_0 = z \cdot t$$

Mit $\pi \cdot m$ für t wird $\pi \cdot d_0 = z \cdot \pi \cdot m$

und daraus $d_0 = z \cdot m$ und $m = \frac{d_0}{z}$

Beispiele

1. Der Teilkreisdurchmesser eines Zahnrades mit $z = 48$ Zähnen und dem Modul $m = 3$ mm ist

$$d_0 = z \cdot m = 48 \cdot 3\text{ mm} = 144\text{ mm}$$

2. Der Modul eines Zahnrades mit $z = 25$ Zähnen und einem Teilkreisdurchmesser $d_0 = 87{,}5$ mm ist

$$m = \frac{d_0}{z} = \frac{87{,}5\text{ mm}}{25} = 3{,}5\text{ mm}$$

Es sind allgemein die

Höhe h_k des Zahnkopfes	$= \frac{6}{6} \cdot$ Modul	$h_k = m$
Höhe h_f des Zahnfußes	$= \frac{7}{6} \cdot$ Modul	$h_f = 1{,}167 \cdot m$
Zahnhöhe h	$= \frac{13}{6} \cdot$ Modul	$h = 2{,}167 \cdot m$

Beispiel

Für Modul $m = 12$ mm sind die

Zahnkopfhöhe	$h_k = m$	$= 12$ mm
Zahnfußhöhe	$h_f = 1{,}167 \cdot m = 1{,}167 \cdot 12$ mm	$= 14$ mm
Zahnhöhe	$h = h_k + h_f = 12$ mm $+ 14$ mm	$= 26$ mm

Der Kopfkreisdurchmesser d_k ergibt sich durch Hinzuzählen der doppelten Kopfhöhe ($2\,h_k = 2\,m$) zum Teilkreisdurchmesser d_0:

$$d_k = d_0 + 2\,m$$

Der Fußkreisdurchmesser d_f wird gefunden, indem die doppelte Fußhöhe h_f vom Teilkreisdurchmesser d_0 abgezogen wird:

$$d_f = d_0 - 2\,h_f$$

Beispiel

An einem Zahnrad mit dem Teilkreisdurchmesser $d_0 = 600$ mm sind die Kopfhöhe $h_k = 12$ mm und die Fußhöhe $h_f = 14$ mm. Es sind dann der

Kopfkreisdurchmesser $d_k = d_0 + 2\,m = 600\text{ mm} + 2 \cdot 12\text{ mm} = 624\text{ mm}$

Fußkreisdurchmesser $d_f = d_0 - 2\,h_f = 600\text{ mm} - 2 \cdot 14\text{ mm} = 572\text{ mm}$

Berechnung des Moduls aus Kopfkreisdurchmesser und Zähnezahl

Aus $d_k = d_0 + 2\,m$ ist $\quad d_0 = d_k - 2\,m$

Es ist aber auch $\quad d_0 = z \cdot m$

$$z \cdot m = d_k - 2\,m$$

$$z \cdot m + 2\,m = d_k$$

$$m\,(z + 2) = d_k$$

$$m = \frac{d_k}{z + 2}$$

Der Modul wird also gefunden, indem der Kopfkreisdurchmesser durch die um 2 vermehrte Zähnezahl geteilt wird.

Beispiel

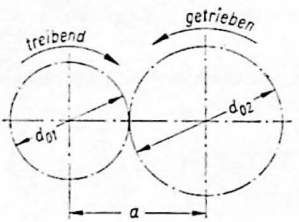
Für ein Zahnrad mit $d_k = 75$ mm und $z = 23$ ist

$$m = \frac{d_k}{z + 2} = \frac{75\text{ mm}}{23 + 2} = \frac{75\text{ mm}}{25} = 3\text{ mm}$$

Nun können Teilung, Teilkreisdurchmesser usw. berechnet werden.

Zwei miteinander arbeitende Zahnräder bilden ein Zahnradpaar (**138.1**).

Die zu übertragende Kraft geht von dem treibenden Zahnrad auf das getriebene über. Wird ein größeres Zahnrad angetrieben, so ist das eine Übersetzung ins Langsame, umgekehrt ins Schnelle. Die Räder kämmen nur dann, wenn sie gleichen Modul haben.



138.1 Zahnradpaar

Den Bezeichnungen für das treibende Rad wird eine 1 und denen für das getriebene Rad eine 2 angehängt, z. B. d_{01} und d_{02}. Der Abstand von Mitte zu Mitte Zahnrad ist so zu bemessen, daß sich die Teilkreise beider Zahnräder berühren. Demgemäß ist der Abstand a = der halben Summe der beiden Teilkreisdurchmesser d_{01} und d_{02}:

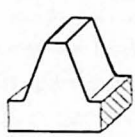
$$a = \frac{d_{01} + d_{02}}{2}$$

Abmaße für Achsenabstände s. DIN 3964.
Wellenenden für Zahngetriebe mit Wälzlagern s. DIN 783.

Übung

Ein Zahnrad mit dem Kopfkreisdurchmesser $d_k = 162$ mm und 25 Zähnen treibt ein anderes mit 48 Zähnen. Bestimme den Modul, die Teilung, die Teilkreisdurchmesser, die Kopfhöhe, die Fußhöhe, den zweiten Kopfkreisdurchmesser, beide Fußkreisdurchmesser und den Mittenabstand der Räder.

138.2 Evolventenform

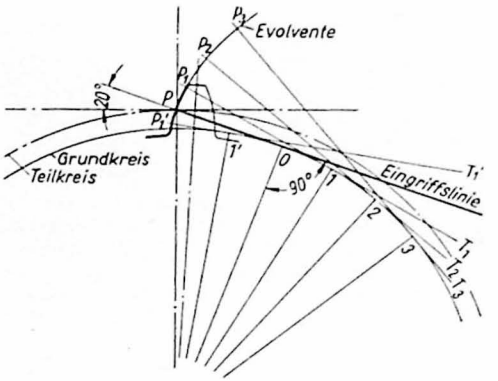


138.3 Gerade Zahnflanken

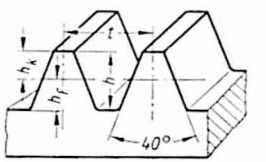
8.62 Zahnformen

Die Zahnflanken sollen sich mit möglichst geringer Reibung aufeinander abwälzen. Sie haben deshalb meist Evolventenform (**138.2**). Zahnflanken an Zahnstangen sind gerade (**138.3**).

Bei der **Evolventenverzahnung** (DIN 867) ist die Zahnflanke ein Teil einer Evolvente (s. S. 153). Zwei in Eingriff stehende Zahnflanken berühren sich in einem Punkte, der sich durch die Drehung beider Zahnräder geradlinig fortbewegt und die Eingriffslinie bildet (**139.1**). Sie ist die die Evolvente erzeugende Gerade und wird vom Punkte P auf dem Teilkreise unter einem Winkel von 20°, dem Eingriffswinkel, gezogen. Der kürzeste Abstand der Geraden vom Mittelpunkt des Teilkreises ist der Halbmesser des Grundkreises. Das Bogenstück von 0 bis zur senkrechten Mittellinie wird gleichmäßig unterteilt, ebenso der Bogen nach der anderen Seite. Durch eine vom Teilpunkt 1 auf der Tangente T_1 angetragene Strecke wird der Evolventenpunkt P_1 gefunden. Sie setzt sich aus der von 0 bis 1 reichenden Bogenlänge und dem Stück von 0 bis P zusammen. Für den Punkt P_1' ist die Strecke von 0 bis P, vermindert um die Bogenlänge 0 bis 1', auf T_1' von 1' aus abzutragen. Evolventenpunkt P_2 wird durch Abtragen der Bogenlänge von 2 bis 0 und der Strecke 0 bis P auf T_2 von 2 aus ermittelt usw. Der zwischen dem Grundkreis und dem Fußkreis liegende Teil der Zahnflanke wird von P_1' aus als Tangente weitergeführt und mit einer Rundung versehen. Zahnflanken an Zahnstangen bilden miteinander einen Winkel von 40° (**139.2**).



139.1 Entstehung der Evolventenform



139.2 Zahnstange

8.63 Zahngetriebe

Stirnräder übertragen Kräfte zwischen parallelen Wellen und haben zylindrische Grundformen.

Die Verzahnung wird in Werkzeichnungen vereinfacht dargestellt (DIN 37). Teilkreise sind als Mittellinien und Kopfkreise als Vollinien in richtigem Abstande voneinander zu zeichnen (**139.3** und 4). Auf die Kennzeichnung der Fußkreise als Strichlinie wird jetzt verzichtet, es sei denn, daß sie aus besonderen Gründen unentbehrlich sind. Die Zähne werden nicht mitgeschnitten (s. S. 49).

In der Zeichnung sind anzugeben:

Kopfkreisdurchmesser, evtl. mit Toleranz

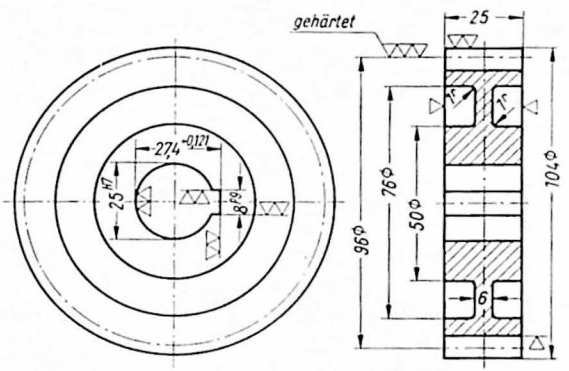
Teilkreisdurchmesser

Fußkreisdurchmesser nur dann, wenn das Bezugsprofil von DIN 867 abweicht oder wenn er toleriert werden muß.

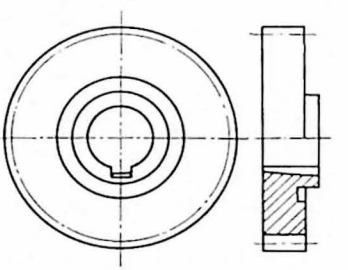
Zahnbreite, bei Bedarf mit Toleranz

die übrigen Radkörpermaße

Oberflächenangaben und Härtewerte nach den Erfordernissen



139.3 Stirnrad



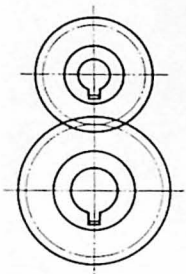
139.4 Stirnrad, Seitenansicht im Halbschnitt gezeichnet

Außerdem sind in eine Tabelle neben der Darstellung des Stirnrades einzutragen:

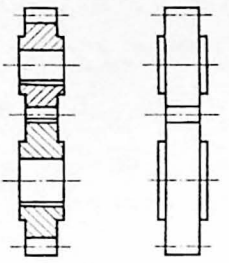
Zähnezahl, Modul, Bezugsprofil, Profilverschiebungsfaktor, Zahnhöhe, Angaben für schrägverzahnte Räder (Winkel, Flankenrichtung, Toleranzen für die Verzahnung, Qualität, Zahnweite oder Zahndicke, Kurzzeichen der vorgeschriebenen Abnahmeprüfung), größte Drehzahl oder größte Umfangsgeschwindigkeit des Rades, des Gegenrades, Nummer, Qualität und Zähnezahl und Achsenabstand beider Räder voneinander. Einzelheiten hierüber s. DIN 3966.

Ein allgemeingehaltener Härtevermerk, wie „gehärtet" (**139.3**) oder „Im Einsatz gehärtet", genügt vielfach nicht mehr. Es ist daher DIN 6773 (zunächst als Entwurf) für die Darstellung gehärteter Werkstücke und Härteangaben in Zeichnungen geschaffen worden.

Zum Aufspannen des Rades für die Bearbeitung, zum Ansetzen von Maß- und Prüfgeräten und aus anderen Gründen kann eine Tolerierung von Maßen des Radkörpers nötig sein. So kann z. B. der Rundlauffehler des Außenzylinders zur Bohrung durch eine Mittigkeitstoleranz u. a. oder der Stirnlauffehler z. B. durch ein toleriertes Winkelmaß zwischen Stirnfläche und Bohrungsachse eingeengt werden.

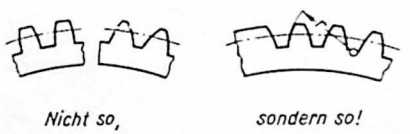


140.1 Stirnräderpaar



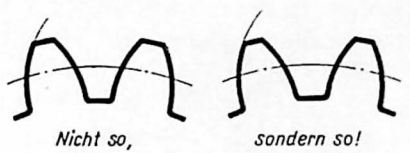
140.2 Ungeschnittene Seitenansicht

Bei einem Radpaar werden beide Kopfkreise an der Eingriffstelle als Vollinien weitergeführt (**140.1**) Die Zähne werden auch hier ungeschnitten dargestellt. In der Seitenansicht verdeckt daher ein sichtbarer Zahn den größten Teil des zum anderen Rad gehörigen Zahnes. Der Fußkreis fällt in der Vorderansicht und in der ungeschnittenen Seitenansicht (**140.2**) fort.



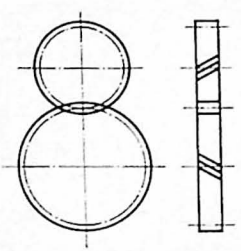
140.3 Angenäherte Evolventenform

Sind aus irgendeinem Grunde einige Zähne des Rades darzustellen, so wird empfohlen, die Flankenlinien unter Einhaltung der Zahnabmessungen freihändig zu entwerfen und dann einfach als Kreisbogen mit angenommenem Halbmesser nachzuziehen (**140.3**). Es empfiehlt sich, die Flankenlinien um die halbe Strichdicke nach der Werkstoffseite zu versetzen (**140.4**), weil sonst die Zahnlücken zu klein erscheinen.

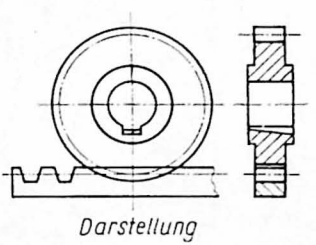


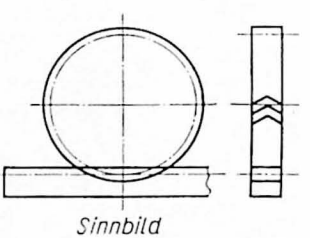
140.4 Lage des ausgezogenen Flankenstriches

Sinnbilder kommen in Betracht, wenn die ausführliche Wiedergabe des Zahnrades nicht notwendig ist (**140.5** u. 6). Die Vereinfachung kann so weit gehen, daß die Räder nur durch Mittellinien und Teilkreise angedeutet werden. Zahnräder mit schrägen oder mit Pfeilzähnen erhalten sinngemäße Kennzeichen.



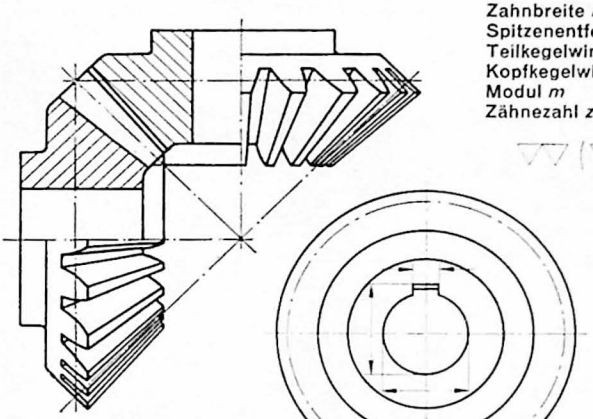
140.5 Sinnbild eines Stirnrädergetriebes





140.6 Stirnrad mit Zahnstange

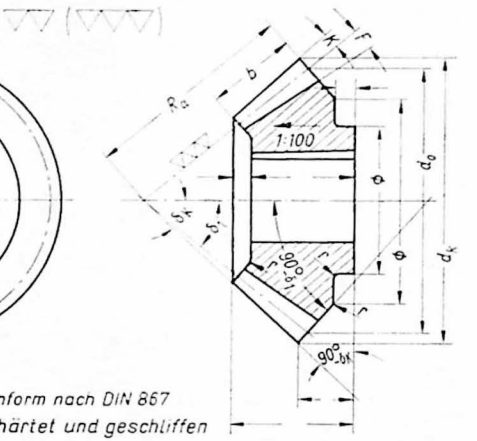
Kegelräder übertragen Kräfte zwischen sich in einer Ebene schneidenden Wellen (**141.**1). Für die Herstellung eines Kegelrades mit genormter Verzahnung sind neben den Maßen für den Radkörper (**141.**2) von Wichtigkeit:



141.1 Kegelräder

Zahnbreite b
Spitzenentfernung R_a
Teilkegelwinkel δ_t
Kopfkegelwinkel δ_k
Modul m
Zähnezahl z

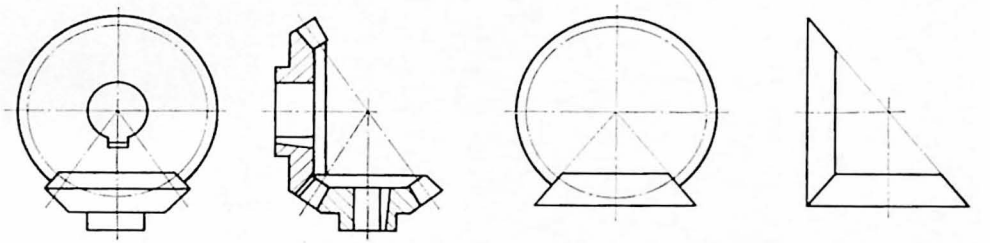
Zahnform
Teilkreisdurchmesser d_0
Kopfkreisdurchmesser d_k
Kopfwinkel K
Fußwinkel F



$m =$ $z =$ Zahnform nach DIN 867
Zahnflanken im Einsatz gehärtet und geschliffen

141.2 Werkzeichnung eines Kegelrades

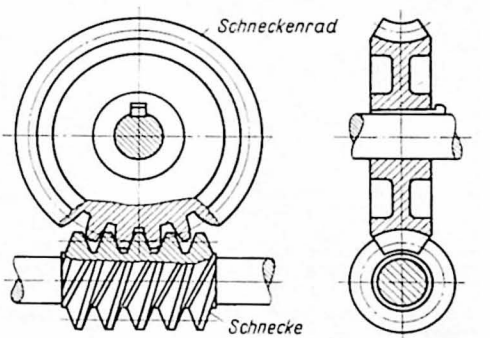
Auch Kegelräder können vereinfacht dargestellt werden (**141.**3).



141.3 Darstellung und Sinnbild eines Kegelradpaares

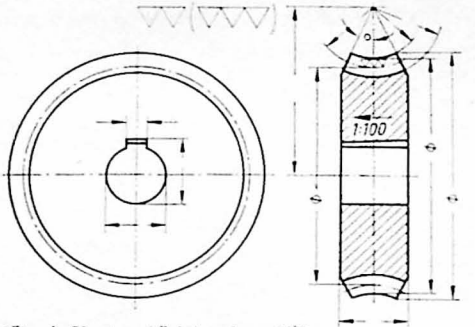
Schneckengetriebe bestehen aus Schnekke und Schneckenrad. Sie liegen zwischen sich in verschiedenen Ebenen kreuzenden Wellen (**141.**4, **142.**1 bis 3).

Die Schnecke ist eine ein- oder mehrgängige Schraube mit trapezförmigem Gewindequerschnitt und greift in die Ihm angepaßte Evolventenverzahnung des Schneckenrades ein.



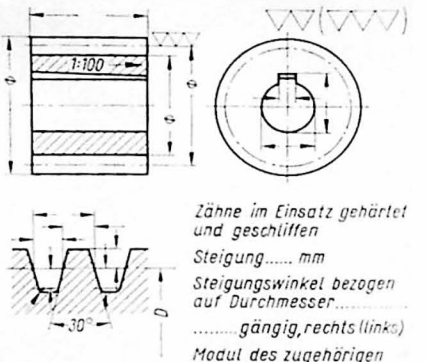
141.4 Zylinderschneckentrieb

In den meisten Fällen treibt die Schnecke das Schneckenrad an, und zwar mit großer Übersetzung ins Langsame. Soll aber das Schneckenrad die Schnecke antreiben, so muß diese eine sehr große Steigung haben, was durch die Wahl mehrerer Gänge erreicht wird. Eingängige Schnecken sind „selbsthemmend", d. h., das Getriebe läßt sich vom Schneckenrad aus nicht in Drehbewegung versetzen.



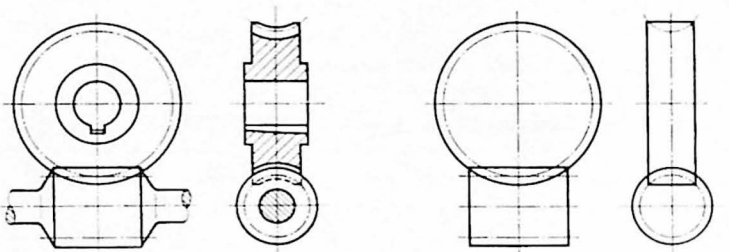
Zähne im Einsatz gehärtet und geschliffen
Modul..... mm, Zähnezahl....., Zahndicke im Teilkreis..... mm,
für Schnecke..... gängig, rechts (links), Steigung..... mm,
Flankenwinkel der Schnecke 30°

142.1 Werkzeichnung eines Schneckenrades



Zähne im Einsatz gehärtet und geschliffen
Steigung..... mm
Steigungswinkel bezogen auf Durchmesser.....
.....gängig, rechts (links)
Modul des zugehörigen Schneckenrades..... mm

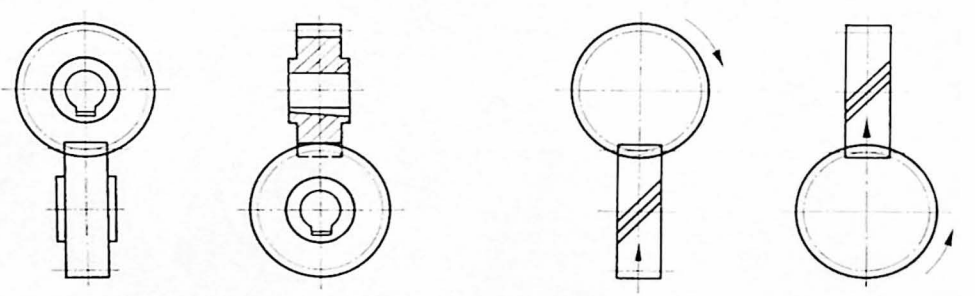
142.2 Werkzeichnung einer Schnecke



142.3 Darstellung und Sinnbild eines Schneckentriebes

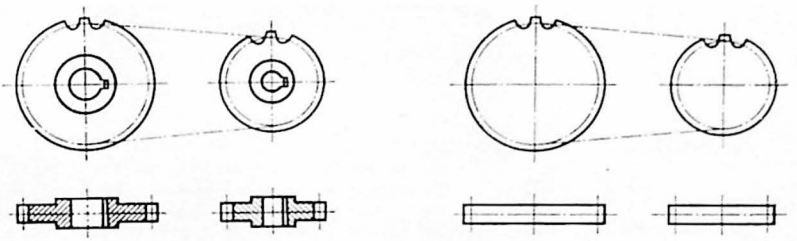
Schraubenräder sitzen auf sich kreuzenden Wellen und haben gewindeähnliche Verzahnung (142.4).

In Schnittzeichnungen wird der verdeckte Teil eines Zahnes gestrichelt wiedergegeben (142.3 und 4).



142.4 Darstellung und Sinnbild eines Schraubenradtriebes

In allen Darstellungen und Sinnbildern kann die Drehrichtung der Räder durch Pfeile gekennzeichnet werden (142.4).



143.1 Darstellung und Sinnbild eines Kettenrädertriebes

Es ist zweckmäßig, bei Kettenrädern, Sperrädern und ähnlichem einige Zähne anzudeuten (**143.1**) oder die Zahnform als Einzelheit vergrößert neben die Darstellung zu setzen.

Normenhinweise

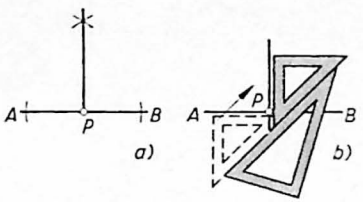
Begriffe, Bezeichnungen und Kurzzeichen für Zahnräder in DIN 868
Richtlinien für die Bestellung von Kegelrädern in DIN 869 Bl. 2
Profilverschiebung bei Evolventenverzahnung in DIN 870
Bestimmungsgrößen und Fehler an Stirnrädern in DIN 3960, an Kegelrädern in DIN 3971 und an Zylinderschneckentrieben in DIN 3975
Toleranzen für Stirnradverzahnungen DIN 3961, DIN 3962 Bl. 1 bis 4, DIN 3963 und DIN 3967

9 Geometrische Übungen

9.1 Grundkonstruktionen

Im Punkte *P* einer Geraden wird eine Senkrechte errichtet (144.1).

a) Vom Punkte *P* werden nach beiden Seiten mit dem Zirkel gleich große Strecken auf der Geraden *AB* abgetragen und von den beiden Teilpunkten mit einer größeren Zirkelöffnung Kreisbogen geschlagen. Die Verbindungslinie von deren Schnittpunkt nach *P* bildet mit der Geraden Winkel von 90°.

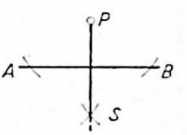


144.1 Senkrechte errichten

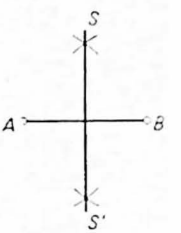
b) An die Gerade *AB* wird eine Kathete des Zeichendreiecks gelegt und an die Hypotenuse eine beliebige Kante des anderen, festzuhaltenden Dreiecks. Nach dem Verschieben des ersten Dreiecks bis zum Punkt *P* kann die Senkrechte gezogen werden.

Von einem Punkte *P* wird ein Lot auf eine Gerade gefällt (144.2). Mit einer möglichst großen Zirkelöffnung sind von *P* aus gleiche Stücke auf der Geraden *AB* abzutragen. Von den Teilpunkten werden, ohne daß der Zirkel dabei verstellt zu werden braucht, weitere Bogen nach der anderen Seite der Geraden geschlagen. Die vom Schnittpunkte nach *P* gezogene Gerade schneidet *AB* rechtwinklig.

Auf einer Strecke wird eine Mittelsenkrechte errichtet (144.3). Von den Endpunkten *A* und *B* aus werden Kreisbogen geschlagen, die sich in *S* und *S'* schneiden. Eine Zirkelspanne, die etwa der Strecke *AB* entspricht, ergibt gut erkennbare Schnittpunkte. Die Verbindungslinie zwischen *S* und *S'* halbiert die Gerade *AB* und steht senkrecht darauf.

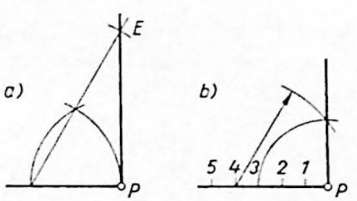


144.2 Lot fällen



144.3 Mittelsenkrechte errichten

Im Endpunkt *P* der Geraden wird eine Senkrechte errichtet (144.4).



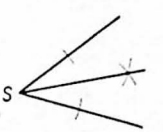
144.4 Senkrechte im Endpunkt *P* errichten

a) Im Endpunkt *P* der Geraden wird mit beliebigem Halbmesser ein Kreisbogen geschlagen und die Zirkelöffnung als Sehne von der Geraden aus abgetragen. Dann wird die Sehne um den Halbmesser verlängert. Die Linie vom Endpunkt *E* der Verlängerung nach dem Endpunkt *P* der Geraden bildet mit dieser einen Winkel von 90°.

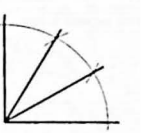
b) Vom Punkt *P* auf der Geraden werden fünf beliebig große, unter sich gleiche Teile abgetragen. Mit fünf Teilen als Halbmesser wird um den vierten Teilpunkt ein Bogen und um *P* mit drei Teilen ein weiterer Bogen geschlagen. Die Linie vom Schnittpunkt der Bogen nach *P* ist die gesuchte Senkrechte.

Ein Winkel wird halbiert (144.5). Vom Scheitelpunkt *S* wird auf jedem Schenkel ein gleich langes Stück mit dem Zirkel abgetragen. Mit unverstellter Öffnung werden von den Teilpunkten Kreisbogen geschlagen und zum Schnitt gebracht. Die Verbindungslinie vom Schnittpunkt zum Scheitel halbiert den Winkel.

Ein rechter Winkel wird in drei gleiche Teile geteilt (144.6). Ein Kreisbogen, mit beliebigem Halbmesser um den Scheitelpunkt geschlagen, schneidet die Schenkel des Winkels.



144.5 Winkel halbieren



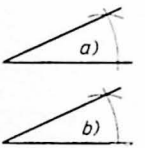
144.6 90°-Winkel dreiteilen

Von hier aus wird der Halbmesser als Sehne je einmal abgetragen. Die Verbindungslinien von diesen Schnittpunkten auf den Kreisbogen nach dem Scheitel teilen den rechten Winkel in drei gleiche Teile.

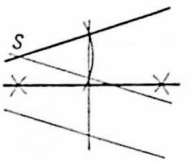
Ein Winkel wird übertragen (145.1). Um den Scheitelpunkt des gegebenen (a) und des gesuchten Winkels (b) werden mit beliebigem Halbmesser Kreisbogen geschlagen. Die Sehne des Bogens am gegebenen Winkel wird mit dem Zirkel abgegriffen und auf den anderen Bogen übertragen. Nun kann der zweite Schenkel des gesuchten Winkels gezogen werden.

Ein Winkel ohne Scheitel wird halbiert (145.2). Zu einem Schenkel wird in beliebigem Abstand eine Parallele gezogen, die den anderen Schenkel schneidet. Dadurch entsteht ein neuer Winkel mit dem Scheitelpunkt *S*, um den mit beliebigem Halbmesser ein Kreisbogen auf die Schenkel dieses Winkels geschlagen wird. Durch die Schnittpunkte wird zwischen den Schenkeln des gegebenen Winkels eine Gerade gezogen.

Die Mittelsenkrechte auf der Geraden halbiert den Winkel.



145.1 Winkel übertragen

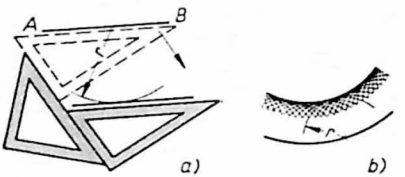


145.2 Winkel ohne Scheitel halbieren

Eine Parallele im Abstand *r* wird gezeichnet (145.3).

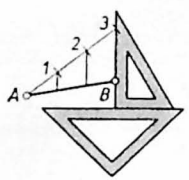
a) Nachdem der Abstand *r* durch einen Zirkelschlag festgelegt ist, entsteht die Parallele zu *AB* durch Parallelverschiebung eines Zeichendreiecks längs der Kante eines anderen.

b) Parallelen zu Bogenlinien werden durch viele Zirkelschläge gefunden. Die Mittelpunkte liegen auf der gegebenen Linie.

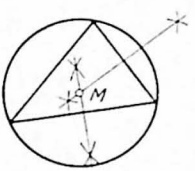


145.3 Parallele ziehen

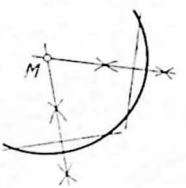
Eine Strecke wird in gleiche Teile geteilt (145.4). Durch den Anfangspunkt der Strecke *AB* wird unter beliebigem Winkel eine Gerade gezogen. Soll die Strecke gedrittelt werden, dann sind auf der Geraden drei beliebig große, unter sich gleiche Teile abzutragen. Der Teilpunkt 3 wird mit dem Endpunkt *B* der Strecke verbunden. Parallelen zu dieser Linie durch die anderen Teilpunkte teilen die Strecke in drei gleiche Teile.



145.4 Strecke teilen



145.5 Außenkreis zeichnen



145.6 Mittelpunkt suchen

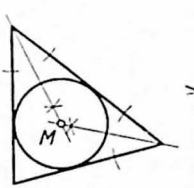
Der Außenkreis eines Dreiecks wird gezeichnet (145.5) Auf zwei beliebigen Dreieckseiten werden Mittelsenkrechte errichtet, in deren Schnittpunkt der Mittelpunkt *M* des Außenkreises liegt.

Der Mittelpunkt eines Kreisbogens wird gesucht (145.6). Der Mittelpunkt *M* liegt im Schnittpunkt zweier Mittelsenkrechten auf beliebigen Sehnen.

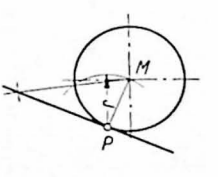
Der Innenkreis eines Dreiecks wird gezeichnet (145.7). Der Mittelpunkt *M* liegt im Schnittpunkt zweier Winkelhalbierenden.

Die Tangente durch einen Punkt des Kreises wird gezeichnet (145.8). Im Punkte *P* wird nach Bild 144.4a eine Senkrechte errichtet. Sie ist die gesuchte Tangente.

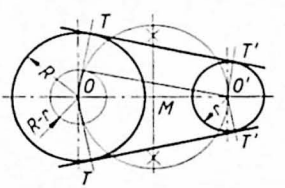
An zwei Kreise werden äußere Tangenten gelegt (145.9). Um *O* wird mit dem Halbmesser $R - r$ ein Hilfskreis geschlagen, dann der Mittenabstand *OO'* der gegebenen Kreise halbiert und in *M* mit *OM* ein weiterer Hilfskreis geschlagen. Durch Geraden von *O* über die Schnittpunkte der Hilfskreise hinaus entstehen die Tangentenpunkte *T* und durch Parallelen zu den Geraden *OT* am anderen Kreise die Tangentenpunkte *T'*.



145.7 Innenkreis zeichnen

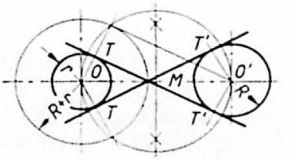


145.8 Tangente durch Punkt *P* ziehen

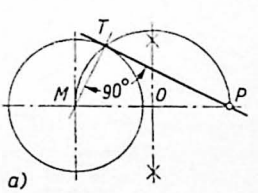


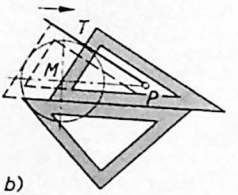
145.9 Äußere Tangenten ziehen

An zwei Kreise werden innere Tangenten gelegt (146.1). Um O wird ein Hilfskreis mit dem Halbmesser $R + r$ und um M ein weiterer Hilfskreis mit OM geschlagen. Die Geraden von O nach den Schnittpunkten beider Hilfskreise liefern die Tangentenpunkte T und Parallelen zu den Geraden OT die Tangentenpunkte T'.



146.1 Innere Tangenten ziehen





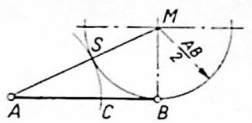
146.2 Tangente vom Punkte P ziehen

Von einem Punkte P wird eine Tangente an den Kreis gelegt (146.2).

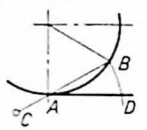
a) Die Strecke von P bis zum Mittelpunkt M wird halbiert. Ein Kreis um Punkt O mit OM als Halbmesser schneidet den gegebenen Kreis im Tangentenpunkte T. Die Verbindungslinie von P nach T ist die gesuchte Tangente und bildet mit MT einen 90°-Winkel.

b) Der Tangentenpunkt kann auch durch Parallelverschiebung gefunden werden.

Eine Strecke AB wird im Goldenen Schnitt geteilt (146.3). Im Endpunkt B wird eine Senkrechte errichtet, auf der der Mittelpunkt M eines Kreises liegt, dessen Halbmesser gleich der halben Strecke AB ist. Von M nach A wird eine Gerade gezogen und mit AS als Halbmesser um A ein Kreisbogen geschlagen. Er teilt die Strecke AB im Goldenen Schnitt. Es ist $CB : AC = AC : AB$.



146.3 Goldener Schnitt

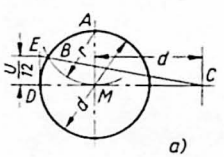


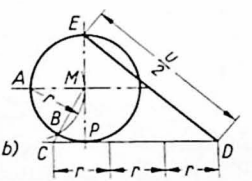
146.4 Bogen abwickeln

Die Länge eines Bogens AB wird abgewickelt (146.4). Die Sehne AB wird über A hinaus um die Hälfte bis C verlängert, durch A eine Tangente gezogen und mit CB um C ein Kreisbogen auf die Tangente geschlagen. AD ist dann ausreichend genau die Länge des Bogens AB, wenn der zugehörige Zentriwinkel kleiner als 45° ist. Liegt der Bogen zwischen 45° und 90°, dann wird AC gleich der Sehne des halben Bogens AB gewählt.

Der Umfang eines Kreises wird abgewickelt (146.5).

a) Ein um A mit dem Halbmesser r geschlagener Bogen ergibt den Punkt B. Auf der Verlängerung der waagerechten Mittellinie von M aus wird der Durchmesser d abgetragen. Die Verlängerung der Geraden CB schneidet die in D errichtete Tangente. DE ist ein Zwölftel des Kreisumfanges.





146.5 Kreisabwicklungen

b) Nach dem Ziehen der Tangente durch Punkt P wird ein Bogen mit dem Halbmesser r von A aus geschlagen und mit dem Kreise zum Schnitt gebracht. Die Verlängerung der Verbindungslinie MB schneidet die durch P gezogene Tangente in C. Von hier aus wird nun der Halbmesser r auf der Tangente dreimal abgetragen. ED ist der halbe Kreisumfang.

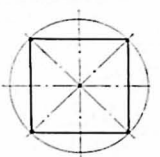
9.2 Regelmäßige Vielecke

Ein regelmäßiges Vieleck hat gleich lange Seiten und gleich große Winkel.

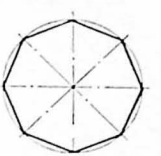
Viereck (146.6). Das regelmäßige Viereck heißt Quadrat. Die Ecken liegen in den Endpunkten zweier senkrecht aufeinanderstehenden Kreisdurchmesser.

Achteck (146.7). Das regelmäßige Achteck entsteht durch Verbinden der Endpunkte aller Durchmesser, die einander Winkel von 45° bilden.

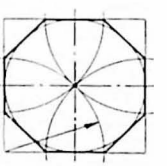
Die Ecken des Achtecks in einem Quadrat werden durch Zirkelschläge um die Ecken des Quadrats gefunden (146.8). Als Halbmesser dient die halbe Diagonale.



146.6 Quadrat



146.7 Achteck



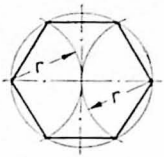
146.8 Achteck im Quadrat

Sechseck (147.1). In den beiden Schnittpunkten einer Mittellinie mit dem Kreise wird der Zirkel eingesetzt und mit dem Halbmesser r je ein Bogen geschlagen. Die Zirkeleinsatzpunkte und die Schnittstellen der Bogen mit dem Kreise sind die Ecken des regelmäßigen Sechsecks.

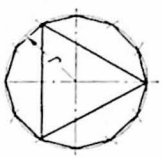
Zwölfeck (147.2). Der Zirkel wird mit dem Halbmesser r als Spanne in allen vier Schnittpunkten der Mittellinien mit dem Kreise eingesetzt. Durch Zirkelschläge jeweils nach beiden Seiten wird der Kreisumfang in zwölf gleiche Teile geteilt.

Dreieck (147.2). Das regelmäßige Dreieck entsteht durch Verbinden jeder zweiten Ecke des regelmäßigen Sechsecks.

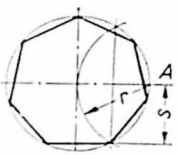
Siebeneck (147.3). Um den Punkt A wird mit dem Halbmesser r ein Bogen geschlagen und durch die Schnittpunkte auf dem Kreisbogen eine Gerade gezogen. Die Hälfte S dieser Geraden ist eine Seite des Siebenecks.



147.1 Sechseck



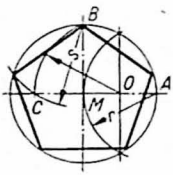
147.2 Zwölfeck und Dreieck



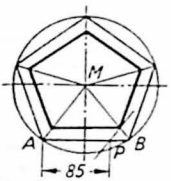
147.3 Siebeneck

Fünfeck (147.4). Um den Punkt A wird mit dem Halbmesser r ein Bogen geschlagen und durch die Schnittpunkte auf dem Kreisbogen eine Gerade gezogen. Sie ergibt den Punkt O. Dort wird der Zirkel eingesetzt. Ein mit dem Halbmesser OB geschlagener Kreisbogen trifft in C auf die waagerechte Mittellinie. BC (= S) ist eine Fünfeckseite.

Für ein regelmäßiges Fünfeck mit bestimmter Seitenlänge, z. B. 85 mm, wird diese Abmessung auf einer Seite AB eines beliebig großen Fünfecks abgetragen (147.5) und durch den Teilpunkt P eine Parallele zu MA gezogen. Sie schneidet MB und liefert damit eine Ecke des gesuchten Fünfecks.

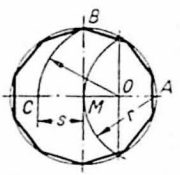


147.4 Fünfeck



147.5 Fünfeck bestimmter Seitenlänge

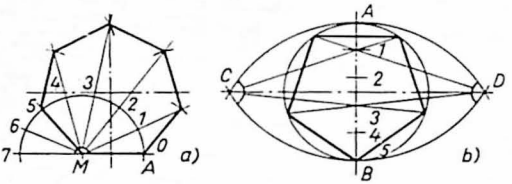
Zehneck (147.6). Die Konstruktion des regelmäßigen Fünfecks liefert zugleich die Strecke MC (= S) als Seite eines regelmäßigen Zehnecks.



147.6 Zehneck

Universalkonstruktionen für alle regelmäßigen Vielecke (147.7).

a) Siebeneck mit bestimmter Seitenlänge. Ein Halbkreis mit der Seitenlänge des Siebenecks als Halbmesser wird in 7 gleiche Teile geteilt. Durch die Teilpunkte 1 bis 4 werden von M aus Strahlen gezogen und darauf von den Teilpunkten 0 und 5 die Seitenlängen von einem Strahl zum anderen abgetragen.



147.7 Universalkonstruktionen der Vielecke

b) Fünfeck. Der senkrechte Durchmesser AB wird in fünf gleiche Teile geteilt. Dann werden mit dem Durchmesser als Zirkelöffnung in A und B Kreisbogen geschlagen. Sie schneiden sich in C und D. Von C und D aus sind entweder durch die mit geraden oder durch die mit ungeraden Zahlen versehenen Teilpunkte auf dem senkrechten Durchmesser Linien zu ziehen. Wo sie im Innern des Kreisumfangs auftreffen, liegen Ecken des Fünfecks.

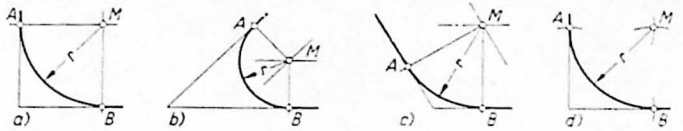
9.3 Anschlußbogen

Werkstücke haben häufig Abrundungen, die von einer Linie in eine andere übergehen, von einer Linie zu einem Punkte führen oder auch zwischen zwei Punkten liegen. Zum Zeichnen der Bogen müssen Zirkeleinsatzpunkte und Übergangsstellen gesucht werden.

Die Schenkel eines Winkels werden durch Kreisbogen verbunden (148.1). Innerhalb des Winkels, gleichgültig, ob es sich um einen rechten (148.1 a), einen spitzen (148.1 b) oder um einen stumpfen Winkel

(148.1 c) handelt, werden im Abstande des Halbmessers zu den Schenkeln Parallelen gezogen, in deren Schnittpunkt der Zirkeleinsatzpunkt *M* liegt. Lote von *M* auf die Schenkel ergeben die Übergangsstellen *A* und *B*. Der Bogen im rechten Winkel ist ein Viertelkreis, im spitzen Winkel ist er größer und im stumpfen Winkel kleiner.

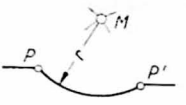
Beim rechten Winkel wird der Mittelpunkt *M* auch dadurch gefunden, daß der Halbmesser *r* auf beiden Schenkeln vom Scheitelpunkt aus abgetragen wird. Von hier aus werden mit derselben Zirkelöffnung weitere Bogen geschlagen und zum Schnitt gebracht (148.1 d).



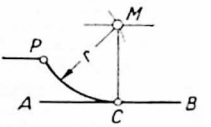
148.1
Übergangsbogen an Winkeln

Zwei Punkte *P* und *P'* werden durch Kreisbogen verbunden (148.2). Der Mittelpunkt *M* liegt im Schnittpunkt zweier Kreisbogen, die mit dem Halbmesser *r* von den Punkten *P* und *P'* geschlagen werden.

Eine Gerade *AB* und ein Punkt *P* werden durch einen Kreisbogen verbunden (148.3). Im Abstande des Halbmessers *r* wird eine Parallele zu *AB* gezogen und mit *r* ein Kreisbogen von *P* aus geschlagen; im Schnittpunkt liegt *M*. Der Übergangspunkt *C* wird durch eine Senkrechte von *M* auf *AB* gefunden.



148.2
Zwei Punkte *P* und *P'* durch Bogen verbinden

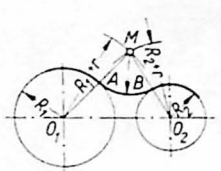


148.3
Gerade *AB* und Punkt *P* durch Bogen verbinden

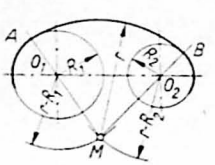
Zwei Kreise werden durch einen hohlen Kreisbogen verbunden (148.4). Mit $R_2 + r$ als Halbmesser wird ein Kreisbogen um O_2 geschlagen und ein zweiter Kreisbogen mit $R_1 + r$ als Halbmesser um O_1. Der Mittelpunkt *M* liegt im Schnittpunkt der beiden Kreise. Durch Zentralen von *M* nach O_1 und O_2 ergeben sich die Übergangsstellen *A* und *B*.

Zwei Kreise werden durch einen überwölbten Kreisbogen verbunden (148.5). Der Mittelpunkt *M* liegt im Schnittpunkt zweier Kreise, die mit $r - R_1$ um O_1 und mit $r - R_2$ um O_2 geschlagen werden.

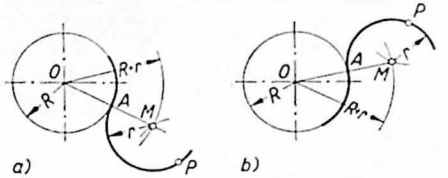
Ein Kreis und ein Punkt *P* werden durch Kreisbogen verbunden (148.6). Um *O* wird ein Kreisbogen mit dem Halbmesser $R + r$ und ein weiterer mit *r* um *P* geschlagen. Im Schnittpunkt der Kreisbogen liegt *M* und auf der Zentralen von *M* nach *O* der Übergangspunkt *A*.



148.4 Zwei Kreise durch hohlen Bogen verbinden

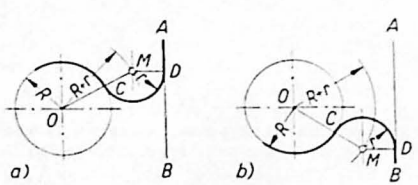


148.5 Zwei Kreise durch überwölbten Kreisbogen verbinden



148.6 Kreis und Punkt *P* durch Bogen verbinden

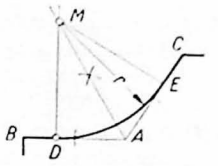
Ein Kreis und eine Gerade *AB* werden durch einen Kreisbogen verbunden (148.7). Um den Kreismittelpunkt *O* wird ein Bogen mit dem Halbmesser $R + r$ geschlagen und dann eine Parallele zu *AB* im Abstande *r* gezogen. Im Schnittpunkt des Bogens mit der Parallelen liegt *M*. Der Übergangspunkt *D* wird durch das Lot von *M* auf *AB* festgelegt.



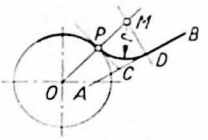
148.7 Kreis und Gerade *AB* durch Bogen verbinden

Die Schenkel eines Winkels *BAC* werden durch einen Kreisbogen verbunden (149.1). Der Mittelpunkt soll auf einer bestimmten Senkrechten zu *BA* liegen. Die Senkrechte in *D* wird von der Halbierungslinie des Winkels *BAC* geschnitten. Damit ergibt sich der Zirkeleinsatzpunkt *M*. Das Lot von *M* auf *AC* kennzeichnet den Übergangspunkt *E*. Die Größe des Halbmessers *r* ergibt sich von selbst.

Ein Punkt *P* auf einer Kreislinie und eine Gerade *AB* werden durch einen Kreisbogen verbunden (**149.2**). Durch den Punkt *P* wird eine Tangente gelegt. Sie schneidet *AB* in *C*. Von hier aus wird auf *AB* die Strecke *CP* abgetragen und in dem Teilpunkte *D* ein Lot errichtet. Es schneidet die von *O* durch *P* gezogene Gerade in *M*. Der Halbmesser ergibt sich hier durch Konstruktion.



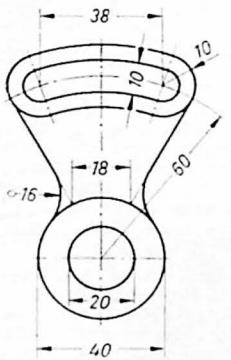
149.1 Zwei Winkelschenkel durch Bogen verbinden



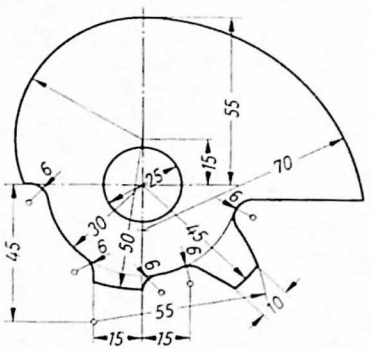
149.2 Punkt *P* und Gerade *AB* durch Bogen verbinden

Übung

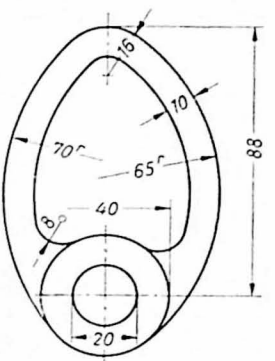
Zeichne den Stellhebel (**149.3**), die Kurvenscheibe (**149.4**) und den Nocken (**149.5**) und bestimme die Übergangsstellen für die Rundungen.



149.3 Stellhebel



149.4 Kurvenscheibe

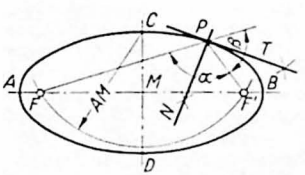


149.5 Nocken

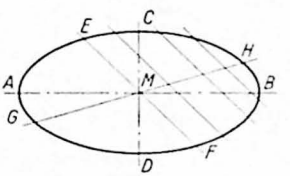
9.4 Technische Kurven

9.41 Ellipse

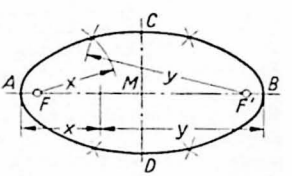
Aufbau (**149.6**). Alle durch den Mittelpunkt bis zur Ellipse gezogenen Geraden heißen Durchmesser. Der größte und der kleinste Durchmesser sind die Achsen *AB* und *CD*. Sie halbieren sich und stehen senkrecht aufeinander. Jede Ellipse hat zwei Brennpunkte (*F* und *F'*). Sie liegen auf der großen Achse und werden durch Zirkelschlag um einen Endpunkt der kleinen Achse mit der halben großen Achse als Halbmesser gefunden. Verbindungslinien von einem beliebigen Punkte *P* der Ellipse nach den Brennpunkten heißen Brennstrahlen. Jeder Brennstrahl wird von einem Brennpunkt durch die Innenwand der Ellipse nach dem anderen Brennpunkt gespiegelt. Die Winkel zwischen der Tangente in Punkt *P* und den beiden Brennstrahlen sind gleich.



149.6 Ellipse



149.7 Konjugierte Durchmesser



149.8 Fadenkonstruktion

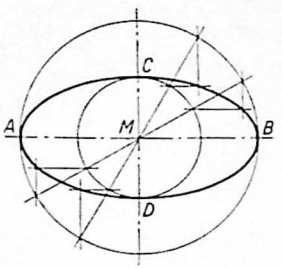
Für jeden Punkt der Ellipse ist die Summe seiner Brennstrahlen so groß wie die große Achse. Die Halbierungslinie des Winkels α, der durch zwei zusammengehörige Brennstrahlen gebildet wird, heißt Normale N. Senkrecht dazu läuft die Tangente T, sie wird durch Halbieren des Winkels β gefunden.

Halbiert ein Durchmesser (GH) alle Sehnen, die zu einem anderen Durchmesser (EF) parallel sind, dann sind diese beiden Durchmesser zugeordnet oder konjugiert (**149.7**).

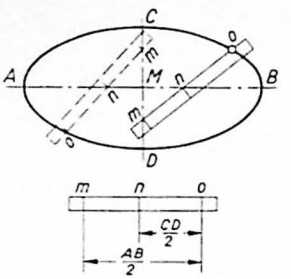
Konstruktionen aus beiden Achsen

Fadenkonstruktion (149.8). Um beide Brennpunkte F und F' werden mit einem beliebigen Stück x der großen Achse Kreisbogen geschlagen. Mit dem restlichen Stück y wird ebenso verfahren. In den Schnittpunkten der Kreisbogen liegen Punkte der Ellipse. Mit anderen Werten für x und y werden weitere Punkte gefunden. Sie werden dann miteinander verbunden.

Konstruktion mit Hilfe konzentrischer Kreise (150.1). Mit den halben Achsen als Halbmesser werden um den Mittelpunkt Kreise geschlagen. Eine durch M beliebig gelegte Gerade schneidet die Kreise. Von den Schnittpunkten sind parallel zu beiden Achsen Linien zu ziehen. Wo sie sich schneiden, liegen Punkte der Ellipse. Durch Wiederholung des Verfahrens mit anderen Geraden durch M entstehen weitere Punkte der Kurve.



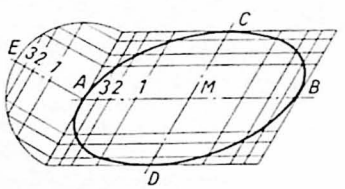
150.1 Konstruktion mit Hilfe konzentrischer Kreise



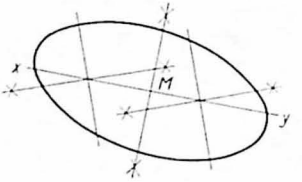
150.2 Papierstreifenkonstruktion

Papierstreifenkonstruktion (150.2). Durch Abtragen der beiden halben Achsen auf einen Papierstreifen entstehen die Punkte m, n und o. Wird der Streifen so bewegt, daß sich Punkt m auf der kleinen Achse und Punkt n auf der großen Achse bewegen, dann beschreibt o eine Ellipse.

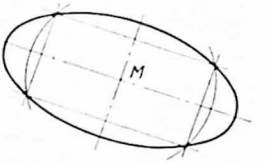
Eine Ellipse ist in ein Parallelogramm einzuzeichnen (150.3). Um die Mitte einer beliebigen Parallelogrammseite wird ein Halbkreis geschlagen, dessen Durchmesser gleich der Länge dieser Seite ist. Nun werden die halben Achsen AM und BM und der senkrecht auf der Seite des Parallelogramms stehende Halbmesser AE halbiert, geviertelt und geachtelt. Dadurch entstehen die Teilpunkte 1, 2 und 3, durch die dann Parallelen zu der geneigten Parallelogrammseite gezogen werden. Parallelen durch die Teilpunkte auf dem Halbmesser AE schneiden den Halbkreis. Von hier aus werden Parallelen zu AE und verlängert zu AB gezogen. In den Schnittpunkten mit den geneigten Parallelen liegen die Ellipsenpunkte. Nach diesem Verfahren entstehen auch in Rechtecken Ellipsen.



150.3 Einzeichnen der Ellipse in ein Parallelogramm



150.4 Aufsuchen des Mittelpunktes



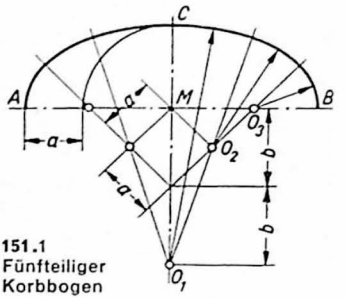
150.5 Aufsuchen der Ellipsenachse

Mit einem gewöhnlichen Zirkel lassen sich mathematisch genaue Ellipsen nicht zeichnen. Doch können in den Scheiteln A, B, C und D (**149.7**) kurze, genügend genaue **Näherungsbogen** geschlagen werden. Deren Krümmungshalbmesser sind $R = a^2/b$ und $r = b^2/a$, worin a die halbe große und b die halbe kleine Achse ist (**183.2a**). Die zwischen den Kreisbogen liegenden Teile der Ellipsen werden mit dem Kurvenlineal gezogen.

Aufsuchen des Mittelpunktes einer Ellipse (150.4). Zwei beliebig gezogene, parallele Sehnen werden halbiert. In der Mitte des durch die Halbierungspunkte führenden Durchmessers xy liegt der Mittelpunkt M der Ellipse.

Aufsuchen der Ellipsenachsen (150.5). Nach dem Schlagen eines Kreises mit geeigneter Zirkelöffnung um den Mittelpunkt M werden durch die Schnittpunkte mit der Ellipse vier Sehnen gezogen. Ihre Halbierungslinien sind Achsen der Ellipse.

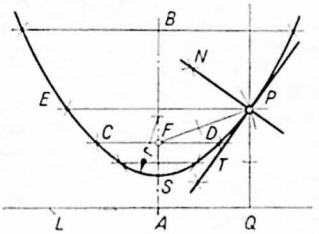
Fünfteiliger Korbbogen (151.1). MC ist die Bogenhöhe und zugleich Halbmesser eines Kreisbogens um M, der auf der Spannweite AB die Strecke a abteilt. Sie ist die Seitenlänge eines mit der Spitze an M hängenden Quadrats. Auf der Verlängerung von CM wird die Diagonale b noch einmal abgetragen. Durch diese Konstruktion entstehen die Zirkeleinsatzpunkte O_1, O_2 und O_3 und durch die Verlängerung der Verbindungslinien $O_1 O_2$ und $O_2 O_3$ die Übergangspunkte der Bogenteile.



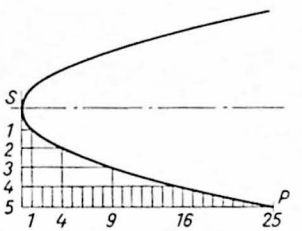
151.1 Fünfteiliger Korbbogen

9.42 Parabel

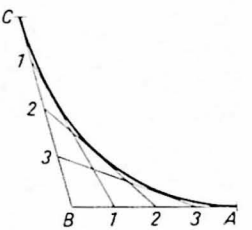
Aufbau. Jeder Punkt der Parabel hat von einem festen Punkte, dem Brennpunkte F, und einer festen Linie, der Leitlinie L, gleich großen Abstand (151.2). Es ist mithin $FP = PQ$. Die Halbierungslinie des von diesen beiden Geraden gebildeten Winkels ist zugleich die Tangente T im Punkte P. Senkrecht dazu steht die Normale N. Alle geraden Linien vom Brennpunkt nach beliebigen Punkten der Parabel, z. B. FP, heißen Brennstrahlen und werden parallel zur Achse AB aus der Parabel herausgeworfen. Parallelen zur Parabelachse heißen Durchmesser. Die durch den Brennpunkt parallel zur Leitlinie gezogene Sehne CD ist der Parameter, das Grundmaß der Parabel, und doppelt so groß wie die Entfernung des Brennpunktes F von der Leitlinie. In der Mitte zwischen F und A liegt der Scheitelpunkt S. Der Krümmungshalbmesser r für das Bogenstück im Scheitel ist gleich dem halben Parameter.



151.2 Fadenkonstruktion



151.3 Verlauf der Parabelkurve



151.4 Hüllkonstruktion

Konstruktionen

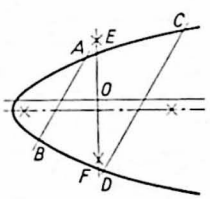
Fadenkonstruktion (151.2). Gegeben: Scheitelpunkt S und Brennpunkt F. Durch Scheitel und Brennpunkt wird die Achse AB und senkrecht dazu die Leitlinie gezogen, deren Abstand vom Scheitelpunkt S so groß ist wie dessen Entfernung vom Brennpunkt F. In beliebigem Abstande von der Leitlinie wird eine Parallele EP gelegt. Mit demselben Abstande werden vom Brennpunkt F aus Kreisbogen auf der Parallelen geschlagen. Sie ergeben Punkte der Parabel. Für weitere Punkte wird das Verfahren wiederholt.

Der gesetzmäßige Verlauf der Parabelkurve ist in Bild 151.3 zu erkennen. Die gekennzeichneten Punkte liegen von der Achse in senkrechten Abständen, die um das gleiche Stück zunehmen (1, 2, 3 usw.). Die Abstände der Punkte von der Scheiteltangente vergrößern sich dagegen im Quadrat der hierfür gewählten Teilungsstrecke (1, 4, 9 usw.).

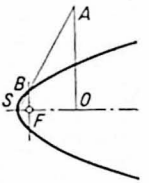
Hüllkonstruktion (151.4). Gegeben: Tangenten BA und BC. Jede der beiden Tangenten wird in dieselbe Anzahl gleicher Teile geteilt. Die Teilpunkte mit gleichen Zahlen werden durch Gerade miteinander verbunden. Sie sind Tangenten der gesuchten Parabel.

Die Achse einer Parabel wird ermittelt (151.5). Zwei parallele Sehnen AB und CD werden halbiert. Auf der Halbierungslinie, einem Durchmesser der Parabel, wird in einem beliebigen Punkte O eine Senkrechte EF und auf dieser die Mittelsenkrechte errichtet. Sie ist die gesuchte Parabelachse.

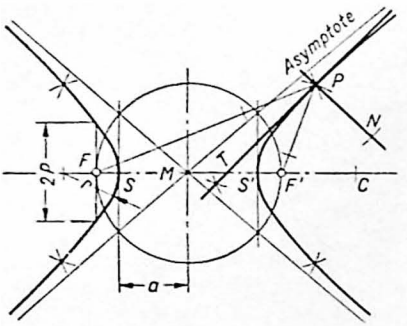
Der Brennpunkt einer Parabel wird ermittelt (151.6). Auf einer in beliebigem Punkte O der Parabelachse errichteten Senkrechten wird die Strecke OS zweimal abgetragen. Die Verbindungslinie AS schneidet die Parabel in einem Punkte B, von dem aus eine Parallele zu OA zum Brennpunkt F führt.



151.5 Ermittelung der Parabelachse



151.6 Ermittelung des Brennpunktes



152.1 Hyperbelkonstruktion

9.43 Hyperbel

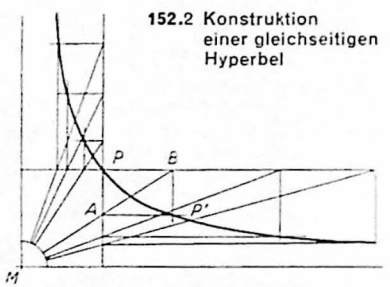
Aufbau. F und F' sind die Brennpunkte der Hyperbel (152.1). Die Abstände PF und PF' eines Punktes P der Kurve von den Brennpunkten heißen Brennstrahlen. Wird PF' von PF abgezogen, ergibt sich der Abstand der beiden Hyperbelscheitel S und S'.

Für jeden Punkt der Hyperbel ist der Unterschied seiner Abstände von zwei festen Punkten, den Brennpunkten, gleich groß.

Senkrechte durch S und S' und ein um M mit dem Halbmesser MF gezogener Kreis ergeben vier Schnittpunkte. Die durch gegenüberliegende Schnittpunkte gezogenen Geraden heißen Asymptoten. Das sind Linien, denen sich die Hyperbeläste um so mehr nähern, je weiter sie vom Mittelpunkt M entfernt sind. In unendlicher Entfernung würden Asymptoten und Hyperbelbogen ineinanderlaufen. Bilden die Asymptoten im Mittelpunkt M rechte Winkel, dann sind die dazugehörigen Hyperbeln gleichseitig. Alle Sehnen durch den Mittelpunkt M sind Durchmesser der Hyperbel und werden in M halbiert. Die Tangente T entsteht durch Halbieren des Winkels zwischen den zugehörigen Brennstrahlen. Senkrecht auf der Tangente steht die Normale N. Der Krümmungshalbmesser r in den Scheiteln ist gleich dem halben Parameter p. Bei der gleichseitigen Hyperbel ist $r = a$.

Konstruktionen

Gegeben sind die Scheitelpunkte S und S' und die Brennpunkte F und F' (152.1). Mit einer beliebigen Strecke SC werden um F ein Kreisbogen und mit der Strecke $S'C$ ein zweiter Kreisbogen um F' geschlagen. Sie schneiden sich in P, einem Punkte der Hyperbel. Weitere Punkte entstehen durch Kreisbogen um F' und F mit veränderten Halbmessern. Der Halbmesser für den Kreisbogen um F' ergibt sich stets durch Abziehen der Strecke $S\,S'$ von der Zirkelöffnung, mit der der Kreisbogen um F geschlagen wurde.

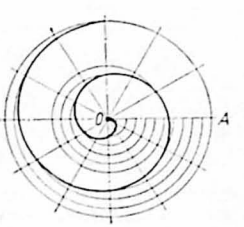


152.2 Konstruktion einer gleichseitigen Hyperbel

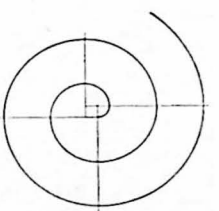
Gegeben sind die Asymptoten und ein Punkt P der gleichseitigen Hyperbel (152.2). Durch Punkt P wird je eine Parallele zu den Asymptoten gezogen. Beliebige Strahlen von M aus schneiden die Parallelen. Von den Schnittpunkten A und B eines Strahls sind Parallelen zu den Asymptoten zu ziehen, die den Punkt P' der Hyperbel ergeben. Der Mittelpunkt für die Krümmung der Kurve liegt auf der Halbierungslinie des Winkels, den die Asymptoten bilden. Krümmungshalbmesser ist die kürzeste Entfernung von M bis zur Hyperbel.

9.44 Archimedische Spirale

Aufbau. Die Archimedische Spirale entsteht durch gleichförmige Fortbewegung eines Punktes auf einem Strahl OA, der sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit um einen festen Punkt, den Pol O, dreht (152.3). Die von dem Punkt bei einer Umdrehung des Strahls zurückgelegte Strecke ist so groß wie der Abstand zwischen den Windungen und heißt Steigung oder Ganghöhe der Spirale.



152.3 Archimedische Rechtsspirale



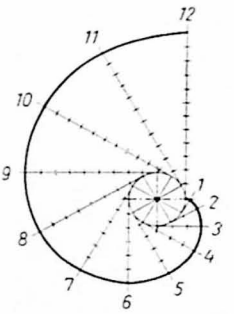
152.4 Näherungskonstruktion der Spirale

Konstruktion (152.3). Werden eine Steigung von 24 mm und ein Kreuz von 12 Strahlen angenommen, so betragen die Abstände zwischen den konzentrischen Hilfskreisen $^{24}/_{12} = 2$ mm. Der Schnittpunkt eines Strahls mit einem Kreise wird dann mit dem Schnittpunkt des nächsten Strahls mit dem nächsten Kreise usf. bogenförmig verbunden.

Näherungskonstruktion (152.4). Die Archimedische Spirale wird häufig durch Kreisbogen ersetzt, die um die Ecken einer regelmäßigen Fläche geschlagen werden. Sie ist in der dargestellten, linksgewundenen Spirale ein Quadrat, dessen Umfang gleich der Steigung der Spirale ist. Die Bogen sind Viertelkreise und gehen an den verlängerten Quadratseiten ineinander über. An Stelle des Quadrats kann auch ein regelmäßiges Sechseck treten. Je mehr Ecken die Ausgangsfläche hat, um so mehr nähert sich die Konstruktion der mathematisch genauen Spirale.

9.45 Evolvente

Aufbau. Ein Punkt einer auf dem Umfange eines Kreises abrollenden Geraden beschreibt eine Evolvente (153.1). Auch das Ende eines straff gezogenen Fadens, der von einer feststehenden Rolle abgewickelt wird, beschreibt eine Evolvente.

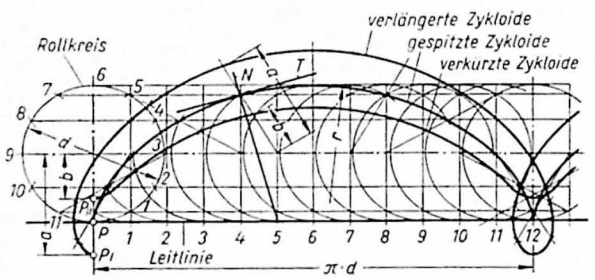


153.1
Evolventenkonstruktion

Konstruktion (153.1). Nach dem Teilen des Grundkreisumfanges in zwölf gleiche Teile werden durch die Teilpunkte Tangenten gelegt. Der zwölfte Teil des Umfanges wird auf der ersten Tangente von dem Berührungspunkte aus einmal, auf der folgenden zweimal, auf der dritten dreimal und so fort abgetragen. Die zwölfte Tangente hat demnach die Länge des Grundkreisumfanges, der mithin der Abstand der Windungen voneinander ist. Durch die Verbindung der Endpunkte aller Tangenten entsteht die Evolvente.

9.46 Zykloide

Gewöhnliche oder gespitzte Zykloide (Orthozykloide) (153.2). Ein Punkt P am Umfang eines auf einer Geraden abrollenden Kreises erzeugt eine gewöhnliche Zykloide. Der Kreis heißt Roll- oder Erzeugungskreis, die feststehende Rollbahn wird Leitlinie genannt.



153.2 Zykloidenkonstruktionen

Konstruktion. Auf der Leitlinie werden Anfangs- und Endstellung des Rollkreises im Abstande seines Umfanges ($= \pi \cdot d$) eingezeichnet. Nachdem Abstand und Rollkreisumfang beispielsweise in zwölf gleiche Teile geteilt sind, werden von den Teilpunkten Parallelen zur Leitlinie und durch die Teilpunkte auf der Leitlinie Senkrechte gezogen. Die Senkrechten geben an, um wieviel Zwölftel des Kreisumfanges sich der Kreismittelpunkt beim Abrollen weiterbewegt hat. Die Parallelen geben an, um wieviel sich der Punkt P dabei gehoben oder gesenkt hat. Wo sich die um die einzelnen Teilpunkte der auf der mittleren Parallelen geschlagenen Kreisbogen mit den zugehörigen Parallelen schneiden, liegen Punkte der Kurve. Der Halbmesser r für die Krümmung im Scheitel ist $2d$. Durch die Verbindung eines Kurvenpunktes mit dem entsprechenden Punkt auf der Leitlinie entsteht die Normale N. Senkrecht dazu liegt die Tangente T.

Verlängerte (oder verschlungene) Zykloide (153.2). Ein Punkt P_I außerhalb des Kreisumfangs erzeugt eine verlängerte Zykloide.

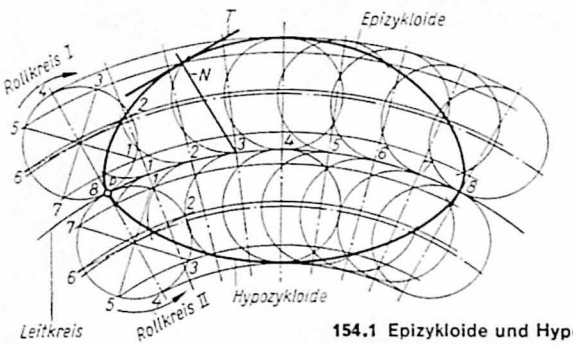
Konstruktion. Der Abstand des Punktes P_I vom Mittelpunkt des Rollkreises ist mit a gekennzeichnet. Von den Mittelpunkten der einzelnen Rollkreisstellungen werden über die Schnittpunkte der Kreise mit den Parallelen hinaus Gerade gezogen und darauf der Abstand a vom Mittelpunkt aus abgetragen (Beispiel: Rollkreisstellung 5).

Verkürzte (oder geschweifte) Zykloide (153.2). Ein Punkt P_{II} innerhalb des Kreisumfanges erzeugt eine verkürzte Zykloide.

Konstruktion. Der mit b bezeichnete Abstand des Punktes P_{II} vom Mittelpunkt des Rollkreises wird auf der Geraden wie der Abstand a für die verlängerte Zykloide abgetragen (Rollkreisstellung 5).

Epizykloide (Aufradlinie) (154.1). Ein Punkt P am Umfange eines Kreises, der auf einer Kreisbahn abrollt, erzeugt eine Epizykloide.

Konstruktion. Die Epizykloide wird nach dem gleichen Verfahren entwickelt wie die gespitzte Zykloide, doch tritt an die Stelle der Leitlinie der Leitkreis. Der Umfang des Rollkreises I und die Länge der Rollbahn für eine Umdrehung auf dem Leitkreis sind in dem Beispiel in je acht gleiche Teile geteilt.



Hypozykloide (Inradlinie) (154.1). Ein Punkt P eines in einer Kreislinie abrollenden Kreises erzeugt eine Hypozykloide.

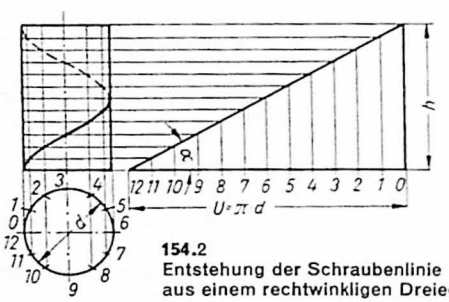
Konstruktion. Sie ist die gleiche wie die für die Epizykloide. Ist der Durchmesser des Rollkreises II halb so groß wie der Durchmesser des Leitkreises, so ist die Hypozykloide eine gerade Linie von der Länge des Leitkreisdurchmessers.

154.1 Epizykloide und Hypozykloide

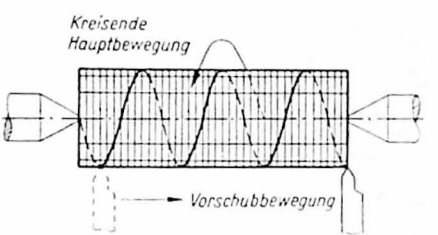
9.47 Schraubenlinie (Wendel)

Die Schraubenlinie wird von der Hypotenuse eines um den Mantel einer Rundsäule gelegten rechtwinkligen Dreiecks gebildet, wobei eine Kathete mit dem Umfang der Grundfläche zusammenfällt (154.2). Die andere Kathete ist so groß wie der Abstand einer Windung zur anderen und wird Ganghöhe oder Steigung h genannt. Zwischen der Hypotenuse und der am Umfang der Grundfläche liegenden Kathete liegt der Steigungswinkel α.

Die Schraubenlinie entsteht aber auch durch Zusammensetzen zweier gleichförmiger Bewegungen, der kreisenden Hauptbewegung eines zylindrischen Werkstückes und der geradlinigen Vorschubbewegung des Schneidstahls beim Gewindeschneiden auf der Drehbank (154.3).



154.2
Entstehung der Schraubenlinie aus einem rechtwinkligen Dreieck



154.3 Entstehung der Schraubenlinie aus zwei Bewegungen

Konstruktion. Sie erfolgt mit Hilfe von Mantellinien (154.2). Das sind gedachte Linien am Mantel der Rundsäule, die parallel zur Längsachse des Körpers laufen und gleiche Abstände untereinander haben. Meist genügen zwölf Mantellinien. Sie sind mit den Nummern 1 bis 12 versehen. Die Abstände entstehen durch die Auftellung der Kreislinie in der Draufsicht. Die Mantellinien werden in die Hauptansicht übertragen und in das Hilfsdreieck eingezeichnet. Von hier aus werden die verschiedenen Längen der Mantellinien in die Hauptansicht übernommen. Die Linie, die dort die oberen Enden aller Mantellinien miteinander verbindet, ist eine Schraubenlinie oder Wendel und erscheint zugleich als Sinuslinie.

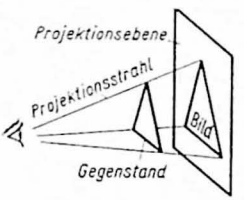
10 Projektionszeichnen

10.1 Rechtwinklige Parallelprojektion

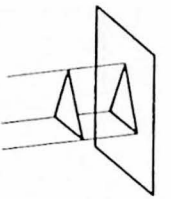
10.11 Wesen

Die Darstellung eines Körpers geht auf die Projektion zurück. Es wird darunter ein mit dem Sehen vergleichbares Abbildungsverfahren verstanden, im weiteren Sinne aber auch das erzeugte Bild.

Die Strahlen nach markanten Punkten des Gegenstandes heißen Projektionsstrahlen (**155.1**) und treffen auf einer hinter dem Gegenstande stehenden ebenen Fläche, der Projektionsebene, auf. Bei unendlichem Abstande des Auges vom Gegenstand sind die Projektionsstrahlen parallel (**155.2**) und bilden mit der Projektionsebene rechte Winkel. Werden die auftreffenden Punkte wie am Gegenstand miteinander verbunden, dann entsteht das projizierte Bild. Dieses Darstellungsverfahren heißt: Rechtwinklige (orthogonale oder orthographische) Parallelprojektion.



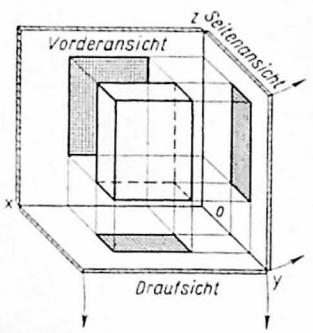
155.1 Zentralprojektion



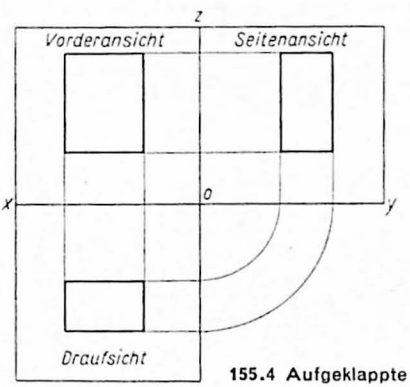
155.2 Rechtwinklige Parallelprojektion

Die Gegenstände werden gewöhnlich aus drei rechtwinklig zueinander liegenden Richtungen betrachtet und auf Ebenen projiziert, die zusammen eine Raumecke bilden (**155.3**). Das von vorn projizierte Bild ist die Vorderansicht (Aufriß), das von links projizierte Bild ist die Seitenansicht (Seitenriß) und das von oben projizierte die Draufsicht (Grundriß). Die Bilder lassen sich durch Projektionslinien miteinander verbinden.

Nun werden die Projektionsebene der Draufsicht um die Kante *XO* nach unten und die Projektionsebene der Seitenansicht um die Kante *OZ* nach hinten geklappt, so daß alle drei Projektionsflächen in einer Ebene liegen (**155.4**). Die Innenkanten der Raumecke sind nunmehr in der Zeichnung senkrecht zueinander stehende Linien geworden und heißen als solche Projektionsachsen. Die von einem Bild zum anderen führenden Projektionslinien liegen parallel zu den Achsen. Als Verbindung zwischen den waagerechten Projektionslinien der Draufsicht und den senkrechten der Seitenansicht werden Viertelkreisbogen oder Linien unter 45° gezogen. Der Einfachheit halber werden die Projektionsflächen außen nicht umrissen, das Achsenkreuz allein genügt.



155.3 Rechtecksäule in der Raumecke

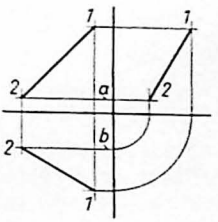


155.4 Aufgeklappte Raumecke

Das technische Zeichnen beruht auf der rechtwinkligen Parallelprojektion. Es ist dadurch möglich, aus zwei beliebigen Ansichten des Gegenstandes die dritte zu entwickeln.

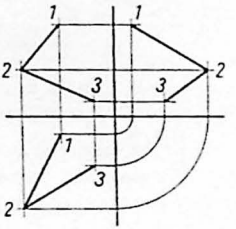
10.12 Projektion der Linien, Flächen und Körper

Projektion gerader Linien. Sind Vorderansicht und Draufsicht einer geraden Linie gegeben (**156.1**), so werden vom Anfangs- und Endpunkt der Linie je ein Projektionslinienpaar (1 und 2) in die Seitenansicht gezogen. Anfangs- und Endpunkt der Linie liegen dort in den Schnittpunkten der zueinander gehörigen Projektionslinien. Die Übertragung eines Winkels zeigt Bild **156.2**, sie gilt zugleich für eine Dreieckfläche.



Gesucht: Seitenansicht

156.1 Projektion einer geraden Linie

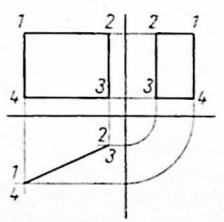


Gesucht: Draufsicht

156.2 Projektion eines Winkels

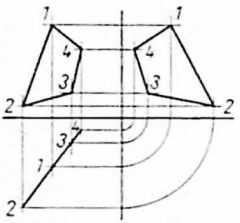
Projektion ebener Flächen. Sind Vorderansicht und Draufsicht einer Fläche gegeben, so werden deren Ecken als Punkte einzeln in die Seitenansicht übertragen (**156.3**). Projektionslinien können sich in der Zeichnung decken, so daß nur eine Linie zu ziehen ist, wie z. B. für die beiden von den Punkten 3 und 4 der Vorderansicht in die Seitenansicht führenden Linien. Die gefundenen Punkte werden der Reihe nach miteinander verbunden. Es werden also Linien von 1 nach 2, 2 nach 3, 3 nach 4 und von 4 nach 1 gezogen.

In Bild **156.4** wird die Vorderansicht eines Vierecks aus Seitenansicht und Draufsicht entwickelt.



Gesucht: Seitenansicht

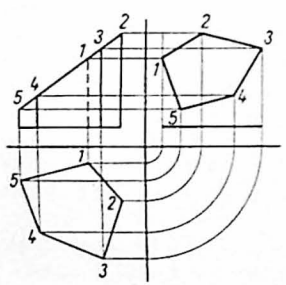
156.3 Projektion einer Rechteckfläche



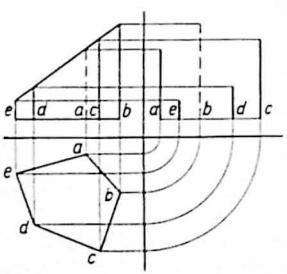
Gesucht: Vorderansicht

156.4 Projektion eines Vierecks

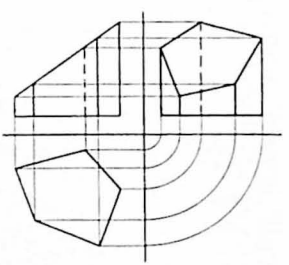
Projektion prismatischer Körper. Auch die Bilder prismatischer Körper werden punktweise ermittelt (**156.5**). Ob dabei zunächst die Grund- und die Deckfläche übertragen (**156.5a**) und dann die parallelen Seitenkanten gezogen werden oder ob umgekehrt verfahren wird (**156.5b**), ist gleichgültig.



a) Übertragen der Deck- und der Grundfläche



b) Übertragen der parallelen Prismenkanten

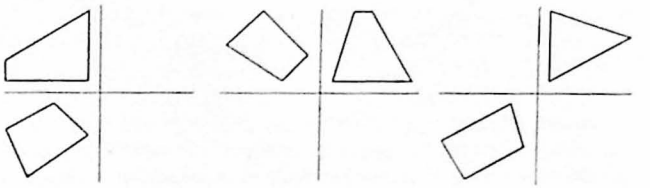


c) vollständige Darstellung

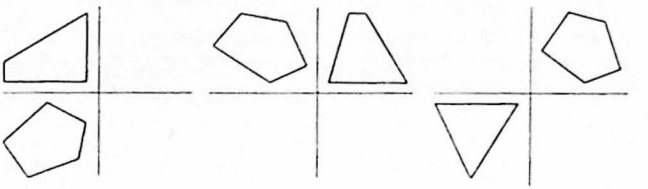
156.5 Projektion eines fünfseitigen Prismas

Übung

Zeichne die fehlenden Kanten und Ansichten der schräg abgeschnittenen, vierseitigen Prismen (157.1) und die der fünfseitigen Prismen (157.2).



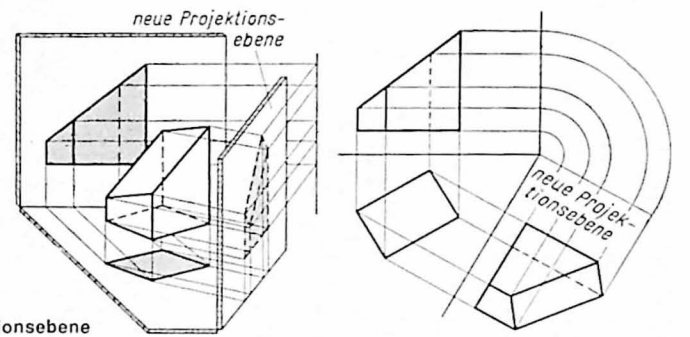
157.1 Vierseitige Prismen



157.2 Fünfseitige Prismen

10.13 Einführung einer neuen Projektionsebene

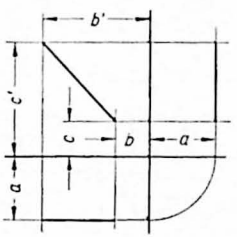
Soll eine Projektionsrichtung zur Vermeidung unangenehmer Verkürzungen (s. S. 72) oder aus einem anderen Grunde von der üblichen Richtung abweichen, dann wird eine neue Projektionsebene eingeführt (157.3). Die markanten Punkte des Körpers werden wie sonst durch Projektionslinienpaare festgelegt und dann miteinander verbunden.



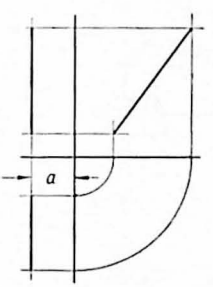
157.3 Neue Projektionsebene

10.14 Ermittlung wahrer Größen

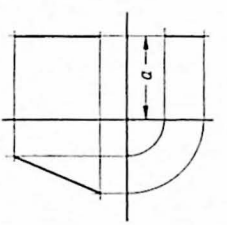
Kanten. Auf einer Projektionsebene erscheint die wahre Größe einer Kante (s. S. 37) nur dann, wenn sie parallel zu der Ebene liegt. Die Maße *b* und *b'* in Bild **157.4** zeigen, daß diese Kante nicht parallel zur Projektionsebene der Seitenansicht liegt, dort also nicht in wahrer Größe auftritt. Ebenso ergibt sich aus den Maßen *c* und *c'* eine verkürzte Darstellung in der Draufsicht. In der Vorderansicht hingegen ist die wirkliche Größe der Kante zu sehen, wie aus dem Maß *a* hervorgeht. In Bild **157.5** erscheint die wahre Größe der Kante in der Seitenansicht und in Bild **157.6** in der Draufsicht.



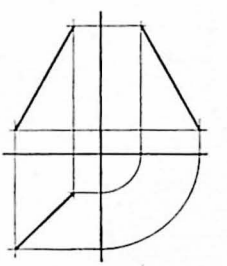
157.4 Wahre Länge in der Vorderansicht



157.5 Wahre Länge in der Seitenansicht



157.6 Wahre Länge in der Draufsicht

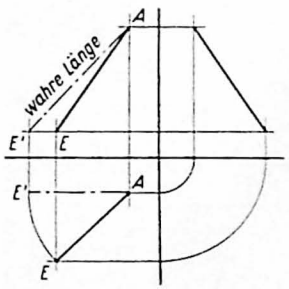


157.7 Die wahre Länge ist nicht erkennbar

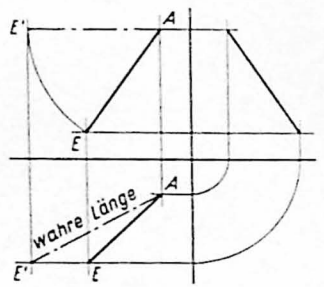
Erscheint eine Kante jedoch in allen drei Ansichten verkürzt (**157.7**), dann kann die wahre Größe unter Benutzung zweier Ansichten konstruiert werden.

Soll die wahre Länge in der Vorderansicht entstehen (**158.1**), dann wird bei feststehendem Punkt *A* der Endpunkt *E* in der Draufsicht auf einem Kreisbogen waagerecht nach *E'* geschwenkt. Die Kante ist dann parallel zur waagerechten Projektionsachse und damit auch parallel zur Projektionsebene der Vorderansicht. Dort wird die neue Lage *E'* durch den Schnittpunkt einer von *E* ausgehenden, waagerechten Linie mit einer von *E'* aus der Draufsicht hochgezogenen Senkrechten bestimmt. Die Verbindungslinie von *E'* nach *A* in der Vorderansicht ist die wahre Länge.

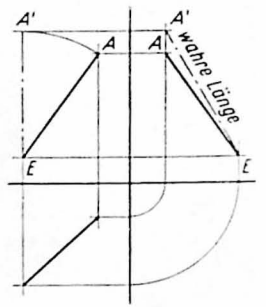
In der Draufsicht ergibt sich die wahre Länge, wenn die Kante um *A* so lange gedreht wird, bis sie parallel zur Projektionsebene der Draufsicht liegt (**158.2**). Punkt *E* wird dabei nach *E'* gedreht. Ähnlich kann die wahre Länge auch in der Seitenansicht konstruiert werden (**158.3**).



158.1
Die wahre Länge ist in der Vorderansicht entstanden



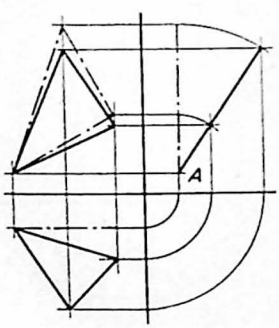
158.2
Die wahre Länge ist in der Draufsicht entstanden



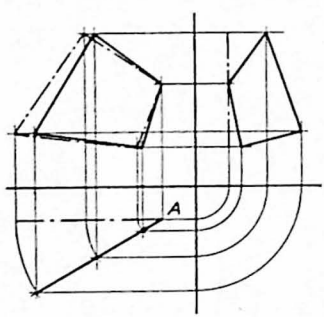
158.3
Die wahre Länge ist in der Seitenansicht entstanden

Flächen. Die Dreieckfläche wird zur Konstruktion der wahren Größe um eine Ecke *A* gedreht, bis sie parallel zu einer Projektionsebene steht (**158.4**). Dann haben alle Kanten des Dreiecks parallelen Abstand von dieser Projektionsebene und erscheinen in der Vorderansicht in wahrer Größe. Damit sind auch die wahren Größen der Dreieckswinkel bestimmt.

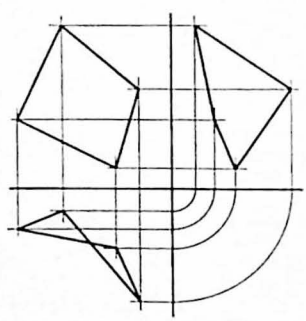
Würde auch in der Seitenansicht die Dreieckfläche nicht als Linie, sondern ebenfalls als Dreieck erscheinen, dann wird die wahre Länge jeder Dreieckseite zweckmäßig einzeln ermittelt und daraus die Fläche konstruiert. Die wahre Größe einer Fläche mit 4 und mehr Ecken wird nach Bild **158.5** festgestellt. Notfalls muß eine solche Fläche in Dreiecke zerlegt, die wahre Größe jeder Dreieckseite ermittelt und aus den einzelnen Dreiecken die Gesamtfläche aufgebaut werden.



158.4 Wahre Größe einer Dreieckfläche



158.5 Wahre Größe einer Viereckfläche



158.6 Unebene Viereckfläche

Eine Fläche mit mehr als drei Ecken braucht nicht immer eben zu sein, wenn sie durch zwei Flächen dargestellt ist. In Bild **158.6** zeigt die aus Vorderansicht und Seitenansicht entstandene Draufsicht, daß das Viereck windschief ist.

Ist eine ausreichende Sicherheit in diesem Zeichenverfahren erreicht, dann können die Projektionsachsen und Projektionslinien fortgelassen werden.

10.2 Körperschnitte und Abwicklungen

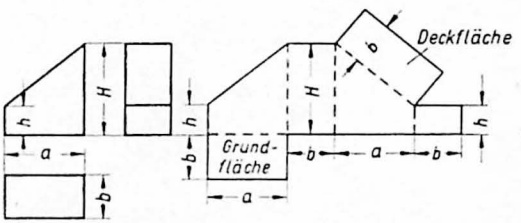
Einen Körper abwickeln heißt, seine gesamte Oberfläche in einer Ebene ausbreiten. Unter Abwicklung wird sowohl das Verfahren als auch das gezeichnete Bild verstanden. Werden Grund- und Deckfläche nicht mitgezeichnet, dann handelt es sich um die Abwicklung des Körpermantels.

Von großer Bedeutung sind Abwicklungen als Unterlagen für das Zuschneiden der Bleche im Behälter- und Rohrleitungsbau.

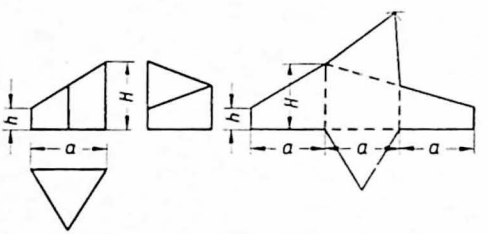
10.21 Prismatische Körper

Schiefgeschnittene Rechtecksäule. Zum Aufzeichnen der Abwicklung sind die mit Buchstaben versehenen Abmessungen aus Vorderansicht und Draufsicht abzugreifen und zu übertragen (**159.1**).

Die Umrißlinien der Abwicklung können dünner gezogen werden als die Vollinien für Körperkanten.

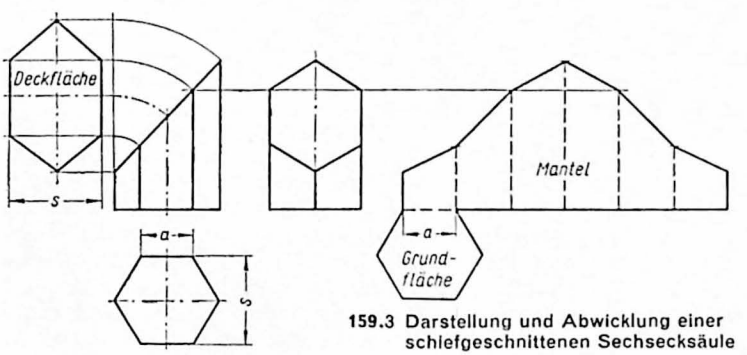


159.1 Darstellung und Abwicklung einer schiefgeschnittenen Rechtecksäule



159.2 Darstellung und Abwicklung einer schiefgeschnittenen Dreiecksäule

Schiefgeschnittene Dreiecksäule. Aus der Draufsicht werden die Breiten der Seitenflächen (Maß a) und aus der Vorderansicht die Höhen in die Abwicklung übernommen (**159.2**). Die wirklichen Kantenlängen der in der Draufsicht verkürzt dargestellten Deckfläche ergeben sich zwangsläufig in den schrägen Kanten der abgewickelten Seitenflächen. Diese können als Zirkelöffnung zur Konstruktion der Deckfläche dienen.



159.3 Darstellung und Abwicklung einer schiefgeschnittenen Sechsecksäule

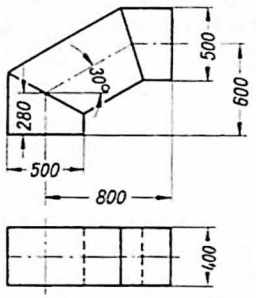
Schiefgeschnittene Sechsecksäule

Die Länge einer Sechseckseite wird in der Abwicklung auf der Waagerechten sechsmal abgetragen (Maß a); die Höhen werden aus der Vorderansicht übernommen (**159.3**).

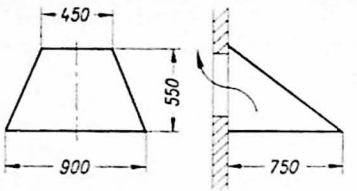
Die Deckfläche ist in den drei Ansichten nicht in wirklicher Größe enthalten, wohl aber die Deckflächenlänge als schräge Linie in der Vorderansicht. Die Länge wird mit ihren Unterteilungen durch Zirkelschläge übertragen. Die wahre Breite liefert die Draufsicht mit dem Seitenmaß *s*.

Übung

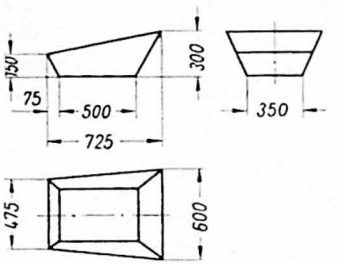
Zeichne die Abwicklung des Blechkanals (**160.1**), des Rauchfangs (**160.2**) und des Schubkarrenkastens (**160.3**) mit den erforderlichen Maßen.



160.1 Blechkanal



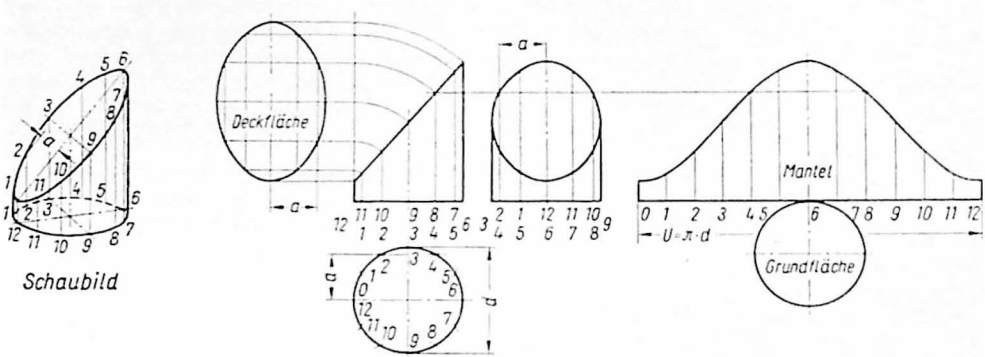
160.2 Rauchfang



160.3 Schubkarrenkasten

10.22 Zylindrische Körper

Schiefgeschnittene Rundsäule. Die Deckfläche in der Seitenansicht und die Abwicklung der Oberfläche entstehen unter Zuhilfenahme von 12 Mantellinien (**160.4**).



160.4 Darstellung und Abwicklung einer schiefgeschnittenen Rundsäule

Aus der Draufsicht werden die Mantellinien in die Vorderansicht übertragen. Sie sind verschieden lang. Die mit 0 bezeichnete ist die kleinste, die größte Mantellinie hat die Nummer 6. Beide decken sich mit den senkrechten Umrißlinien der Vorderansicht. Die übrigen Mantellinien sind paarweise gleich lang. So fallen in der Vorderansicht die Mantellinien 1 und 11, 2 und 10, 3 und 9, 4 und 8 und 5 und 7 zusammen. Nun werden die Mantellinien aus der Draufsicht in die Seitenansicht übertragen (Beispiel: Maß α für Mantellinien 2 und 4). Dort liegen ungleich lange Mantellinien übereinander, z. B. 2 und 4, 1 und 5 usw. Die Mantellinien 12 und 6 liegen auf der Mittellinie und 3 und 9, die sich in der Vorderansicht decken, auf je einer senkrechten Umrißlinie. Jede Mantellinie steht auf der Grundkreiskante des Körpers und reicht

mit dem anderen Ende an die Kante der elliptischen Deckfläche. In den Endpunkten der Mantellinien liegen mithin Punkte der Ellipse. Sie werden aus der Vorderansicht in die Seitenansicht übertragen (Beispiel: Mantellinien 4 und 8) und ergeben durch Verbindung untereinander die Deckfläche.

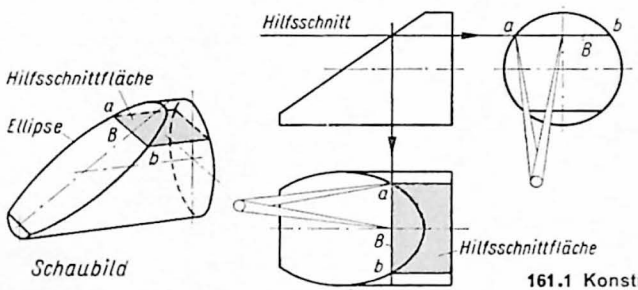
Die Gesamtbreite U der Mantelabwicklung ist gleich dem Umfange des Grundkreises.

Er wird berechnet ($U = \pi \cdot d$), aufgezeichnet und in 12 gleiche Teile geteilt. Der 12. Teil des Umfangs kann auch nach Bild **146.4**a festgestellt und 12mal auf die Waagerechte übertragen werden. Nachdem durch die Teilpunkte senkrechte Mantellinien gezogen und deren Längen durch Übertragen aus der Vorderansicht (Beispiel: Mantellinien 4 und 8) festgelegt sind, wird die geschwungene Begrenzungslinie gezeichnet; sie ist eine Sinuskurve.

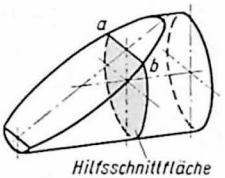
Zum Zeichnen der wahren Größe der Deckfläche wird zunächst die Länge der großen Achse mit ihren Unterteilungen durch Zirkelschläge aus der Vorderansicht abgenommen. Wie das Schaubild zeigt, sind die verschiedenen Breiten der Ellipse die Abstände gleich langer Mantellinien voneinander. Sie werden aus der Draufsicht abgegriffen (Beispiel: Maß a).

Ist die Abwicklung nicht erforderlich, dann wird die Ellipse durch Anwendung von Hilfsschnitten konstruiert (**161.1**). Ein Hilfsschnitt parallel zur Längsachse der Rundsäule erzeugt eine Rechteckfläche, deren Breite B in der Seitenansicht als Sehne ab dargestellt ist und in die Draufsicht übertragen wird. Sie liefert dort zwei Ellipsenpunkte. Durch Schnitte mit anderen Abständen von der Körperachse werden weitere Ellipsenpunkte gefunden.

Es können aber auch Hilfsschnitte rechtwinklig zur Längsachse der Rundsäule gewählt werden (**161.2**). Die Fläche eines solchen Schnitts ist eine Kreisfläche, an der ein Abschnitt fehlt. In den Ecken dieser Fläche liegen die Kurvenpunkte a und b.



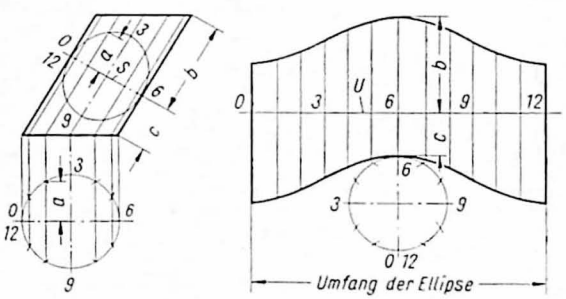
161.1 Konstruktion der Kurve durch Hilfsschnitte parallel zur Körperachse



161.2 Hilfsschnitt rechtwinklig zur Körperachse

Schiefer Kreiszylinder. Grund- und Deckfläche eines schiefen Kreiszylinders sind gleich große Kreise in parallelem Abstande voneinander (**161.3**). Jeder Schnitt parallel zur Grundfläche ergibt einen gleichen Kreis, jeder andere Schnitt dagegen eine Ellipse oder einen Ellipsenabschnitt.

Nach dem Aufteilen des Grundkreises in der Draufsicht werden die Mantellinien in der Vorderansicht gezogen. Dann wird im rechten Winkel zur Körperachse an beliebiger Stelle ein Hilfsschnitt S gelegt, er erzeugt eine Ellipse. Sie ist in die Bildebene der Vorderansicht eingedreht dargestellt. Die einzelnen Ellipsenpunkte werden aus der Draufsicht abgenommen (Beispiel: Maß a). Der Ellipsenumfang U ist zugleich die Breite der Mantelab-

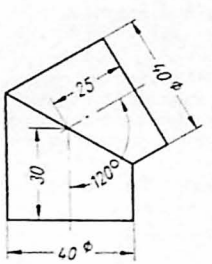


161.3 Darstellung und Abwicklung eines schiefen Kreiszylinders

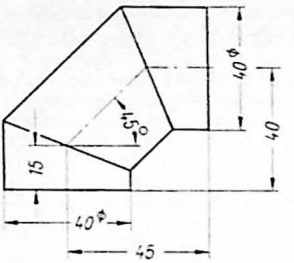
wicklung. Er wird mit enggespanntem Teilzirkel in kleinen Teilen abgegriffen, auf einer Geraden abgetragen und dann in zwölf verschieden große Teile geteilt. Dazu dienen die Unterteilungen von den Punkten 0 bis 3, 3 bis 6 usw. der Ellipse in der Vorderansicht. Beiderseits des gestreckten Ellipsenumfanges werden nun Mantellinien gezogen und die Längen aus der Vorderansicht übertragen (Beispiel: Maße *b* und *c*).

Übung

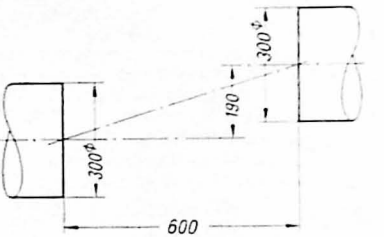
1. Zeichne die Abwicklungen des Rohrknies (**162.1**), des Rohrkrümmers (**162.2**) und des zwischen den Rohrenden einzubauenden Rohrstücks (**162.3**).
2. Zeichne die in den Bildern **162.4** bis **162.10** dargestellten Werkstücke in je drei Ansichten und konstruiere die Kurven.



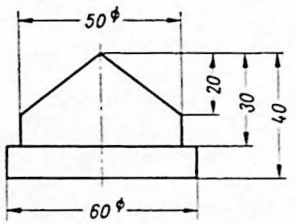
162.1 Rohrknie



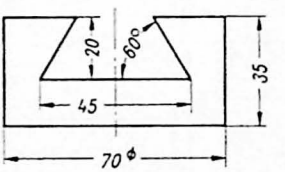
162.2 Rohrkrümmer



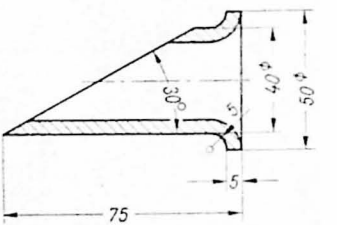
162.3 Rohrverbindung



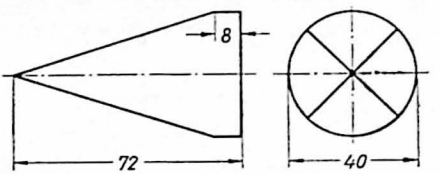
162.4 Dachstift



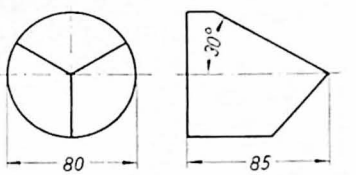
162.5 Schwalbenschwanzführung



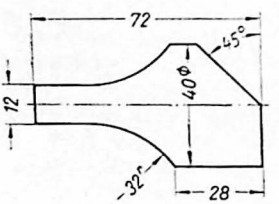
162.6 Abgeschrägte Buchse



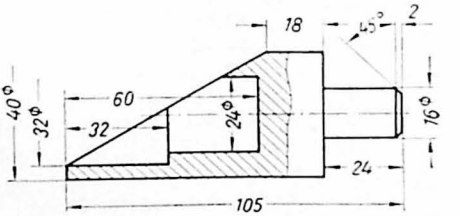
162.7 Vierkantspitze



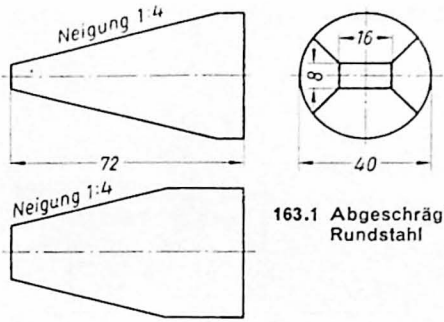
162.8 Dreikantspitze



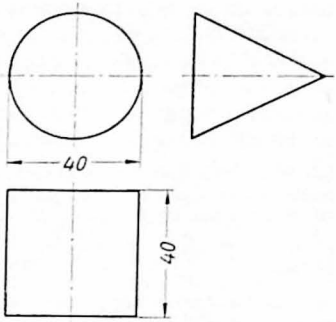
162.9 Formstück



162.10 Hülse

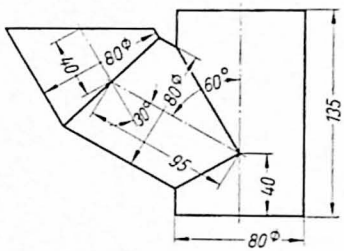


163.1 Abgeschrägter Rundstahl

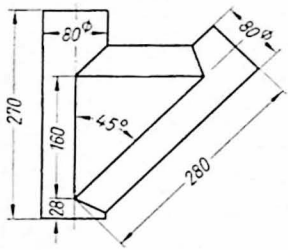


163.2 Keil

6. Zeichne die drei Ansichten und konstruiere die Kurven des abgeschrägten Rundstahls (**163.1**) und des Keils (**163.2**).
7. Der Rohrabzweig (**163.3**) ist in drei Ansichten zu zeichnen und abzuwickeln.
8. Zeichne die Vorderansicht und die Abwicklung des aus fünf Blechen zusammengeschweißten Rohrabzweigs (**163.4**).



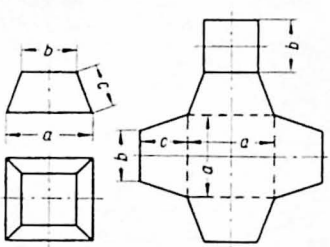
163.3 Rohrabzweig



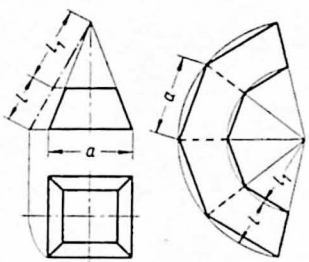
163.4 Rohrabzweig

10.23 Pyramidische Körper

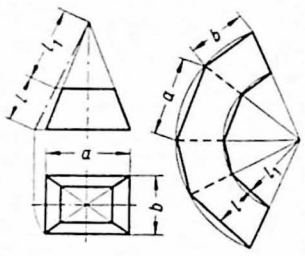
Pyramidenstümpfe lassen sich durch Umklappen der Seitenflächen um die Kanten der Grundfläche abwickeln (**163.5**). Die Abwicklung kann aber auch unter Benutzung der wahren Länge der Seitenkanten erfolgen (**163.6**).



163.5 Abwicklung durch Umklappen der Seitenflächen



163.6 Abwickeln des Mantels mit Hilfe der wahren Kantenlänge



163.7 Abwickeln des Mantels mit Hilfe der wahren Kantenlänge

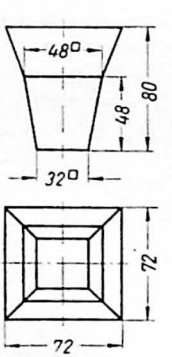
Nach dem Verfahren in Bild **158.1** wird die wahre Kantenlänge festgestellt. Eine von der Deckfläche des Pyramidenstumpfes waagerecht gezogene Linie schneidet die wahre Länge der Seitenkanten. Der untere Teil l (**163.6**) ist gleich der Seitenkante des Pyramidenstumpfes, der obere (l_1) gleich der der Pyramidenspitze. Mit der wahren Kantenlänge $l + l_1$ der ganzen Pyramide als Halbmesser wird dann ein Kreisbogen geschlagen und die Seitenlänge a der Grundfläche viermal darauf abgetragen. Durch Verbinden der Teilpunkte mit dem Zirkeleinsatzpunkt entsteht die Mantelabwicklung der ganzen Pyramide. Dann wird die wahre

Länge l_1 der Pyramidenspitze aus der Vorderansicht in den Zirkel genommen und auf den Dreieckseiten der Abwicklung abgetragen. Durch Verbinden dieser Zwischenpunkte entsteht die Mantelabwicklung des Pyramidenstumpfes, an die noch Grund- und Deckfläche angesetzt werden können.

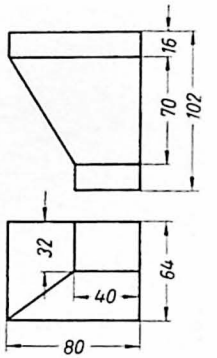
Bei Pyramidenstümpfen mit rechtwinkliger Grundfläche wechseln die verschieden langen Grundkanten a und b auf dem Kreisbogen ab (**163.7**).

Übung

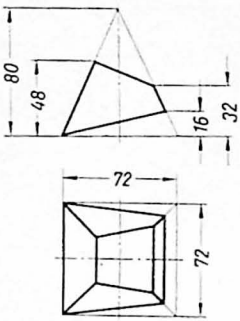
Zeichne die Abwicklungen der Trichter (**164.1** und **164.2**), der Pyramidenstümpfe (**164.3** und **164.4**) und der Schurre (**164.5**) in geeigneten Maßstäben.



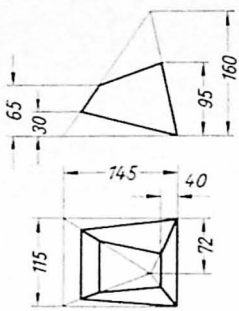
164.1 Trichter



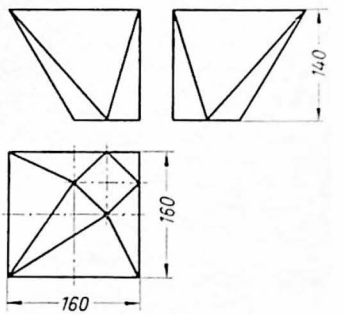
164.2 Schiefer Trichter



164.3 Pyramidenstumpf



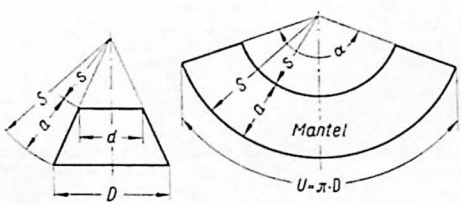
164.4
Schiefer Pyramidenstumpf



164.5 Schurre

10.24 Kegelige Körper

Gerader Kreiskegel. Die Abwicklung des Kegelmantels ist ein Kreisausschnitt und die des Kegelstumpfmantels ein Kreisringausschnitt, dessen Halbmesser S und s aus der Vorderansicht stammen (**164.6**).



164.6 Darstellung und Mantelabwicklung eines Kegelstumpfes

Der große Bogen des Mantels ist so lang wie der Umfang der Grundfläche ($U = \pi \cdot D$) und wird mit Hilfe des Winkels α bestimmt:

$$\alpha = \frac{180° \cdot D}{S}$$

Es bedeuten:

D = Durchmesser der großen Grundfläche

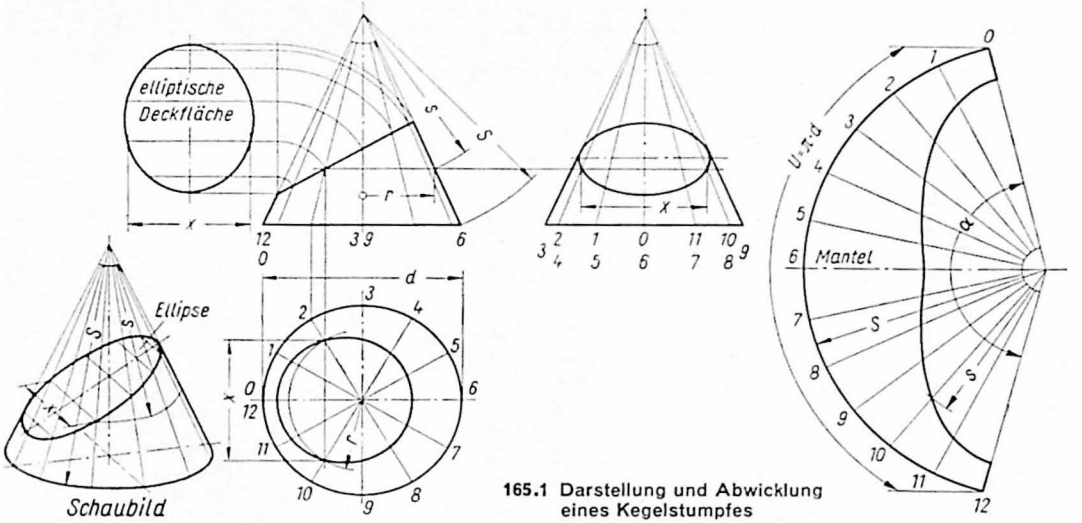
S = Seitenlänge des Kegels

Beispiel

Bei einem Durchmesser $D = 200$ mm und einer Seitenlänge $S = 250$ mm beträgt der Winkel

$$\alpha = \frac{180° \cdot D}{S} = \frac{180° \cdot 200\ \text{mm}}{250\ \text{mm}} = 144°$$

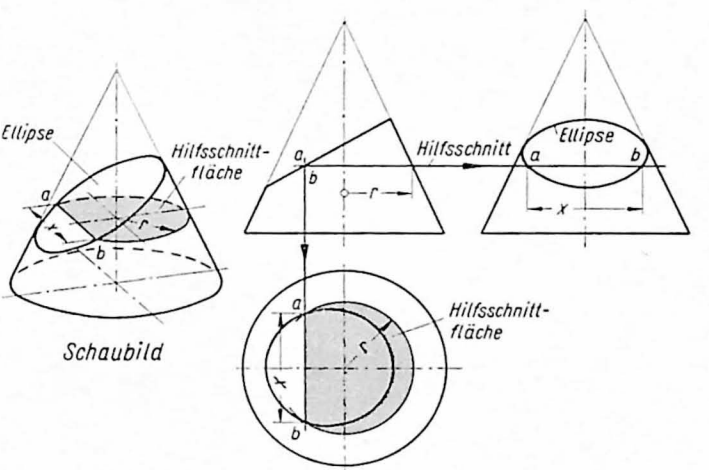
Ein schräger Schnitt durch einen Kegel erzeugt eine Ellipse, sofern er beide Seitenlinien schneidet (**165.1**), oder einen Ellipsenabschnitt, wenn er eine Seitenlinie und über die Grundfläche hinaus die Verlängerung der anderen schneidet. Zur Konstruktion der Deckfläche in der Seitenansicht und in der Draufsicht und zum Aufzeichnen der Abwicklung dienen Mantellinien. Sie führen von der Grundkante zur Kegelspitze. Dort, wo sie in der Vorderansicht durch die schräge Schnittlinie unterbrochen sind, liegen Punkte der Ellipse. Sie werden auf die gleichen Mantellinien der Seitenansicht und der Draufsicht übertragen (Beispiel: Mantellinien 2 und 10).



165.1 Darstellung und Abwicklung eines Kegelstumpfes

Die Ellipse in der Draufsicht wird jedoch genauer, wenn sich jede Mantellinie mit dem zugehörigen Kreisbogen schneidet. Das ist derjenige Kreisbogen, der parallel zur Kegelgrundkante durch den zu übertragenden Ellipsenpunkt um den Kegelmantel herumläuft. Die Vorderansicht zeigt den Halbmesser *r* für den Kreisbogen, der die Mantellinien 2 und 10 in der Draufsicht schneidet.

Für die Abwicklung des Kegelstumpfmantels wird zuerst ein Kreisbogen mit der aus der Vorderansicht entnommenen Seitenlänge *S* geschlagen, der Winkel α berechnet (s.S.164) und abgetragen. Nach der Einteilung des Bogens in 12 gleiche Teile sind Mantellinien zu ziehen und die Längen aus der Vorderansicht abzugreifen. Dort erscheinen sie verkürzt, 0 bzw. 12 und 6 ausgenommen. Um die wirkliche Länge zu erhalten, dreht man den Körper um seine Längs-

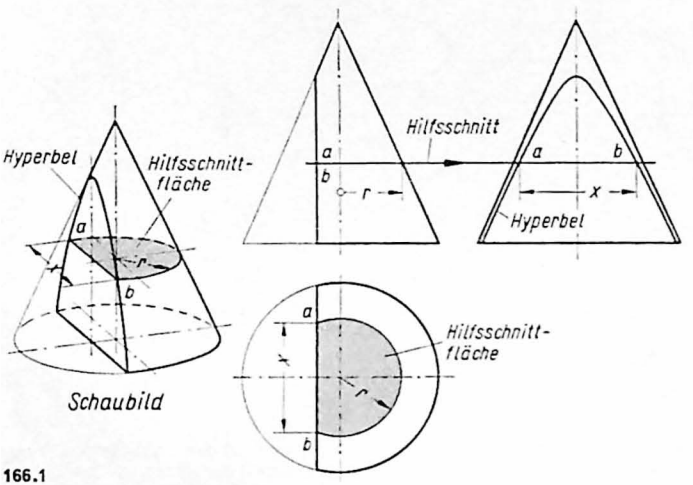


165.2 Konstruktion der elliptischen Deckfläche durch Hilfsschnitte

achse, bis die betreffende Mantellinie, z. B. 10, mit einer Seitenlinie zusammenfällt. Nun kann die wahre Länge als Maß *s* aus der Vorderansicht in die Abwicklung übertragen werden.

Für das Aufzeichnen der wahren Größe der Deckfläche wird zuerst die Länge der schrägen Schnittlinie einschließlich der Unterteilungen als große Achse der Ellipse aus der Vorderansicht durch Zirkelschläge übertragen. Die Abstände der Ellipsenpunkte in den Enden zweier gleich langer Mantellinien werden aus der Draufsicht übernommen (Beispiel: Maß *x*).

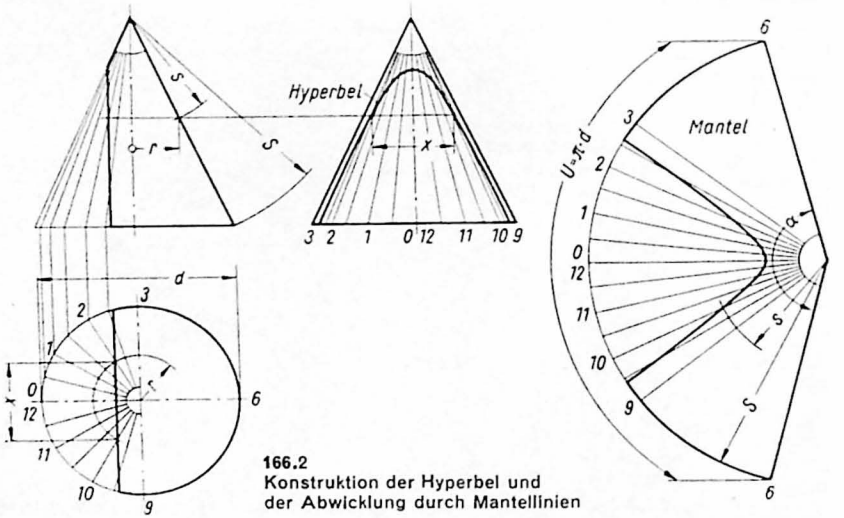
Die Deckfläche in der Draufsicht und in der Seitenansicht kann aber auch durch Hilfsschnitte konstruiert werden (**165.2**). Sie liegen parallel zur Grundfläche und erzeugen Kreisflächen, von denen ein Stück abgetrennt ist. Aus der Vorderansicht wird der Halbmesser *r* abgegriffen, in der Draufsicht damit ein Kreis geschlagen und dann die Sehne durch Herunterloten gezogen. Sie schneidet den Kreis in den Ellipsenpunkten *a* und *b*. Diese werden in der Seitenansicht mit Hilfe des Maßes *x* festgelegt. Weitere Kurvenpunkte werden in der gleichen Weise durch höher und tiefer liegende Hilfsschnitte bestimmt.



166.1
Konstruktion der Hyperbel durch Hilfsschnitte

Durch einen Schnitt parallel zur Mittelachse des Kegels entsteht eine von einer Hyperbel und einer Geraden begrenzte Fläche. Die Hyperbel tritt in der Seitenansicht in wahrer Größe auf. Die Sehnen der verschieden großen Hilfsschnittflächen liegen in der Draufsicht übereinander (**166.1**).

Für die Abwicklung des Mantels werden wieder Mantellinien verwendet, deren Zahl dort, wo die Kurve entsteht, zwecks größerer Genauigkeit vermehrt werden kann (**166.2**).



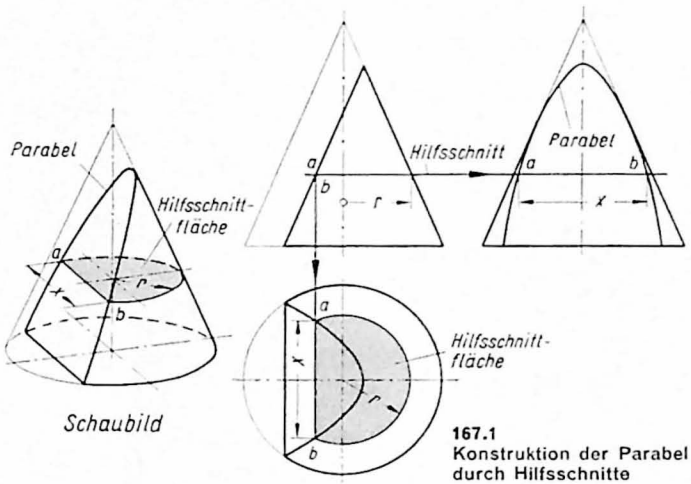
166.2
Konstruktion der Hyperbel und der Abwicklung durch Mantellinien

Durch einen schrägen Schnitt parallel zur Seitenlinie entsteht eine von einer Parabel und einer Geraden begrenzte Fläche (**167.**1). Die in der Seitenansicht und in der Draufsicht liegende Kurve und die Abwicklungen werden nach bereits bekanntem Verfahren konstruiert.

Nicht nur der Schnitt parallel zur Körperachse erzeugt eine Hyperbel (**166.**1), sondern auch jeder andere in dem Raume zwischen jenem und dem Parabelschnitt.

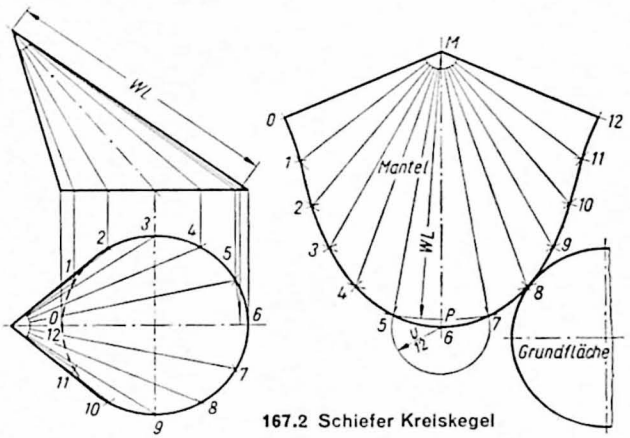
Schiefer Kreiskegel. Die Mantellinien des schiefen Kreiskegels sind verschieden lang (**167.**2) und erscheinen bis auf die beiden 0 bzw. 12 und 6, die sich mit den Seitenlinien in der Vorderansicht decken, verkürzt.

Die Darstellung der Mantelabwicklung beginnt mit der längsten Mantellinie 6. Sie teilt die Abwicklung in Hälften. Die wahre Länge *WL* der Mantellinien 5 und 7 wird ermittelt und damit ein Kreisbogen um den Punkt *M* geschlagen. Mit dem zwölften Teile des Umfanges der Grundfläche wird dann um den Endpunkt *P* ein zweiter Kreisbogen gezogen und mit dem anderen zum Schnitt gebracht. Damit liegen die Punkte 5 und 7 der geschwungenen Begrenzungslinie fest. Nun werden abermals zwei Kreisbogen um die Punkte 5 und 7 der Abwicklung geschlagen, einer mit der wahren Länge der nächsten Mantellinien 4 und 8 und der andere mit dem zwölften Teile des Umfangs der Grundfläche. In den Schnittpunkten befinden sich weitere zwei Punkte (4 und 8) der geschwungenen Begrenzungslinie. Das Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis alle Punkte gefunden sind.



167.1
Konstruktion der Parabel durch Hilfsschnitte

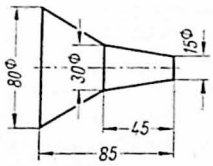
Schnitte durch schiefe Kreiskegel sind wie beim geraden je nach der Lage Kreise, Ellipsen, Parabeln oder Hyperbeln.



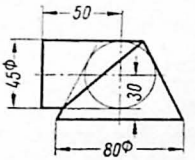
167.2 Schiefer Kreiskegel

Übung

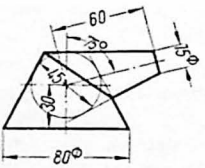
1. Zeichne Ansichten und Abwicklung des Trichters (**168.**1), des Rohrabzweigs (**168.**2), der Haube (**168.**3), der Rohrverbindung (**168.**8) und des Hosenrohres (**168.**9).
2. Zeichne die Kloben (**168.**4 und 5), den Vierkant (**168.**6) und den Sechskant (**168.**7) in drei Ansichten und konstrulere die Schnittkurven.



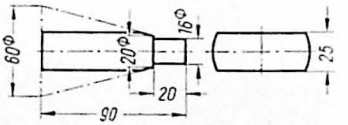
168.1 Trichter



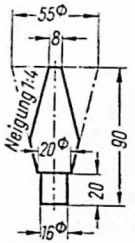
168.2 Rohrabzweig



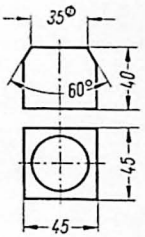
168.3 Haube



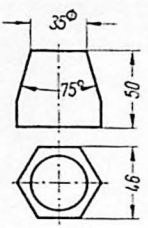
168.4 Kloben



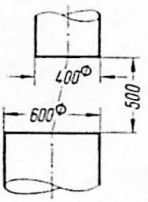
168.5 Kloben



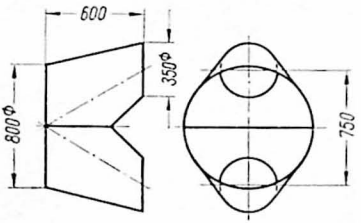
168.6 Vierkant



168.7 Sechskant



168.8 Rohrverbindung



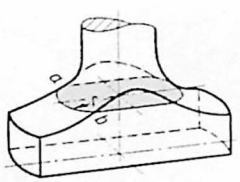
168.9 Hosenrohr

10.25 Verschiedene Drehkörper

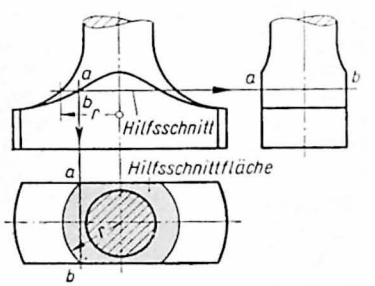
Die Hilfsschnitte zur Konstruktion der Kurven an einem Stangenende (**168.**10) liegen rechtwinklig zur Körperachse und ergeben Kreisflächen, an denen zwei gegenüberliegende Stücke fehlen.

Mit dem in der Vorderansicht abzugreifenden Halbmesser *r* wird die Hilfsschnittfläche in der Draufsicht umrissen. In den Schnittpunkten der Bogen mit den waagerechten Vollinien liegen die Kurvenpunkte *a* und *b*. Sie werden in die Vorderansicht übernommen. In der Seitenansicht erscheint die Kurve als gerade Linie wie in der Draufsicht.

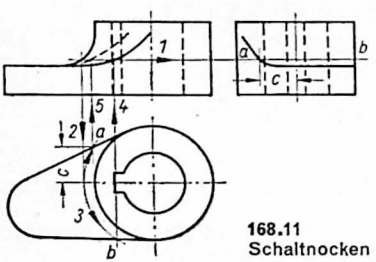
Sind Stangendurchmesser und Kopfbreite gleich groß, sind mithin die waagerechten Körperkanten der Draufsicht Tangenten am Kreise des Schaftes, dann läuft die Kurve in eine Spitze aus.



Schaubild



168.10 Schnittkurven an einem Stangenende

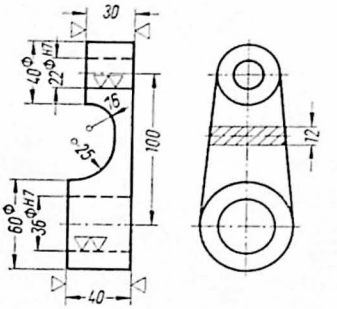


168.11 Schaltnocken

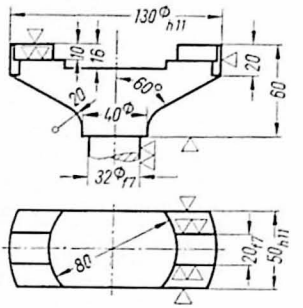
Die Reihenfolge der Zeichenarbeit beim Aufsuchen von Kurvenpunkten an einem Nockenhebel (**168.**11) geht aus der Bezeichnung der Konstruktionslinien mit den Nummern 1 bis 4 hervor. Die Linie, die den Hilfsschnitt darstellt, ist mit 1 bezeichnet.

Übung

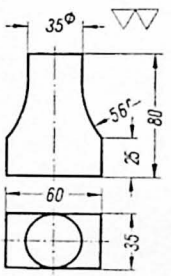
Zeichne die in den Bildern **169.1** und **169.2** dargestellten Werkstücke in zwei Ansichten, die in den Bildern **169.3, 169.4** und **169.5** dargestellten Teile in drei Ansichten und konstruiere die Kurven.



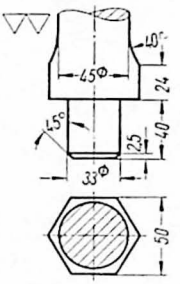
169.1 Hebel



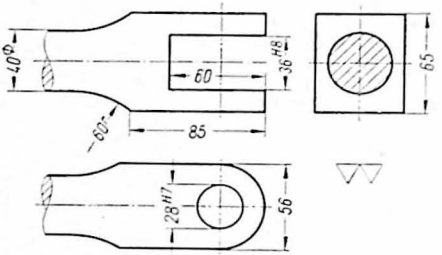
169.2 Kupplungshälfte



169.3 Stempel



169.4 Sechskantfuß

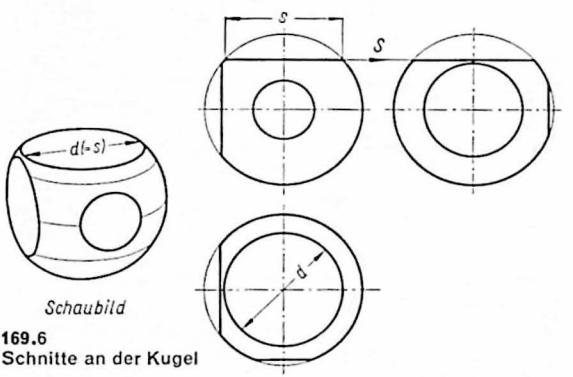


169.5 Gabelkopf

10.26 Kugel

Ein ebener Schnitt durch eine Kugel erzeugt stets einen Kreis (**169.6**). Sein Durchmesser ist um so größer, je mehr abgeschnitten worden ist. Um den Kreis zeichnen zu können, wird sein Durchmesser *d* als Sehne *s* in dem Bilde abgenommen, in dem die Schnittlinie *S* gezogen wurde.

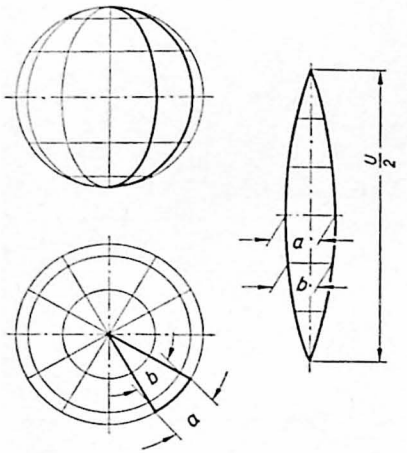
Die Oberfläche einer Kugel läßt sich nicht als Ebene ausbreiten. Die Abwicklung ist daher nur annähernd genau möglich.



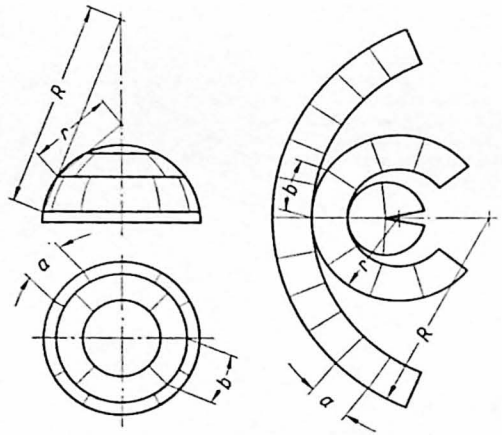
169.6
Schnitte an der Kugel

Die Kugel wird wie die auf dem Globus dargestellte Erdoberfläche mit einem Liniennetz versehen (**170.1**). Dadurch kann die Oberfläche zerlegt werden. Sie besteht bei der dargestellten Kugel aus 12 Teilen, sphärische Zweiecke genannt, deren Längen gleich dem halben Kugelumfang $U/2$ und wie dieser in 6 gleiche Teile geteilt sind. Die einzelnen Breiten *a*, *b* usw. werden der Draufsicht entnommen.

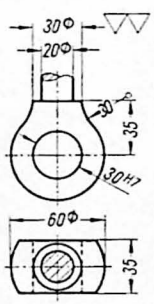
Die Kugel läßt sich auch in Zonen einteilen. Die Oberflächen der unteren Zonen werden als Kegelstumpfmäntel und die der Kuppe als Kegelmantel angesehen und aufgezeichnet (**170.2**).



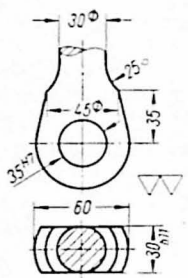
170.1 Abwicklung als sphärisches Zweieck



170.2 Abwicklung der Kugelzonen



170.3
Stangenende



170.4
Stangenkopf

Übung

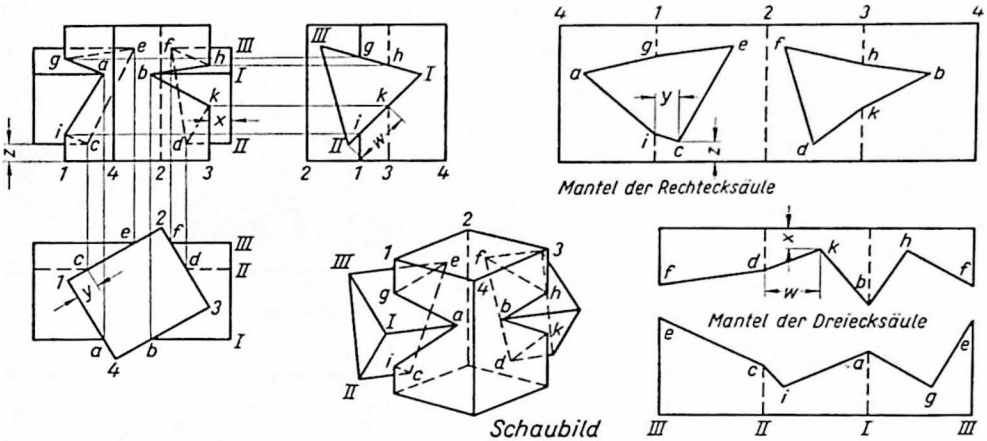
Zeichne das Stangenende (**170.3**) und den Stangenkopf (**170.4**) in je drei Ansichten und konstruiere die Kurven.

10.3 Durchdringungen und Abwicklungen

Beim Ineinanderstecken von Körpern entstehen an den Stoßstellen neue Kanten. Sie heißen Durchdringungslinien und sind in der Zeichnung geradlinig, wenn die zusammenstoßenden Oberflächen eben sind. Ist aber mindestens eine der Oberflächen gewölbt, dann treten, von Sonderfällen abgesehen (**173.3**), Durchdringungskurven auf.

10.31 Prismen

Rechtwinklige Durchdringung einer Rechtecksäule mit einer Dreiecksäule. Die Achsen der Körper stehen rechtwinklig zueinander (**171.1**). Die Durchdringungslinien erscheinen im Beispiel in der Vorderansicht und werden aus der Seitenansicht und der Draufsicht abgeleitet. Zur Erleichterung der Arbeit sind die Seitenkanten der Rechtecksäule mit 1 bis 4 und die der Dreiecksäule mit I bis III bezeichnet. Die Draufsicht zeigt die Punkte *a* bis *f*, in denen die Rechtecksäule von den Kanten I bis III durchstoßen wird. Sie werden in die Vorderansicht übertragen. Die Seitenansicht zeigt die Punkte *g* bis *k*, in denen die Dreiecksäule von den Kanten 1 und 3 durchstoßen wird. Die Punkte werden in die Vorderansicht herübergeholt.



171.1 Rechtwinklige Durchdringung einer Rechtecksäule mit einer Dreiecksäule

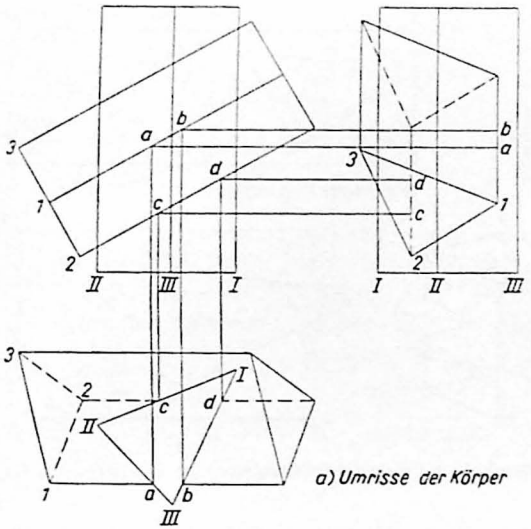
Nun werden die in der Vorderansicht gefundenen Punkte *a* bis *k* wie folgt verbunden: Vom Punkt *a* in der Draufsicht führt eine Rechteckseite zur Kante 1. Auf dieser Kante liegt, wie die Seitenansicht zeigt, der Punkt *g*. Er muß deshalb mit *a* verbunden werden. Punkt *g* ist mit *e* zu verbinden, weil beim Umfahren des Rechtecks in der Draufsicht der Punkt *e* folgt. Punkt *e* wird dann mit *c* verbunden. Mit welchem Punkt der auf der Kante II liegende Punkt *c* zu verbinden ist, zeigt die Seitenansicht. Dort führt eine Dreieckseite von II nach I, auf der Punkt *i* liegt. Folglich wird von *c* nach *i* gezogen. In dieser Weise wird die Arbeit fortgesetzt. Die Durchdringungslinien sind zum Teil verdeckt, wie Draufsicht und Seitenansicht zeigen.

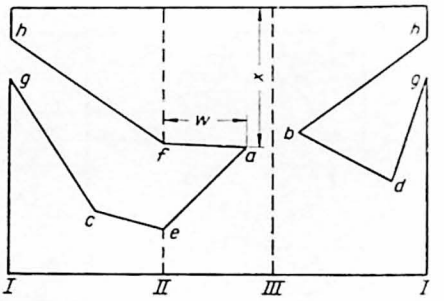
Zum Bestimmen der Ausschnitte aus dem Mantel der Rechtecksäule werden zuerst die Punkte *g* bis *k* auf den Seitenlinien 1 und 3 der Abwicklung abgetragen. Die Abmessungen hierfür liefert die Seitenansicht. Dann werden die Punkte *a* bis *f* bestimmt, deren Abstände von den Seitenkanten am Umfange der Rechteckfläche in der Draufsicht und deren Höhen aus der Vorderansicht abgegriffen werden (Beispiel: Maße *y* und *z* für Punkt *c*). Ebenso wird der Ausschnitt aus dem abgewickelten Mantel der Dreiecksäule festgelegt. Die Punkte *a* bis *f* auf den Kanten I bis III liefert die Draufsicht. Die Abstände für die Punkte *g* bis *k* werden in der Seitenansicht und in der Draufsicht abgegriffen (Beispiel: Maße *w* und *x* für Punkt *k*).

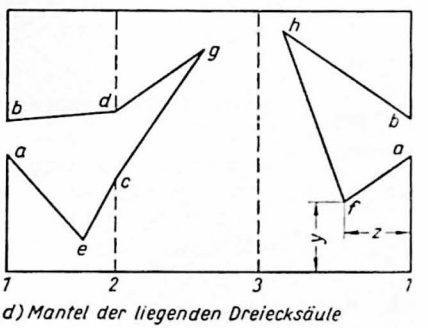
Schiefwinklige Durchdringung zweier Dreiecksäulen. Zuerst werden die Umrisse der Körper in dünnen Linien aufgezeichnet (**172.1** a). Die Draufsicht zeigt, daß die Kanten 1 und 2 auf die stehende Dreiecksäule auftreffen, und zwar in den Punkten *a* bis *d*. Sie werden von hier in die Vorderansicht und in die Seitenansicht übertragen. Für die Punkte *e* und *f* wird ein Hilfsschnitt *A* parallel zur Projektionsfläche der Vorderansicht durch die Kante II gelegt (**172.1** b). Er erzeugt an der schiefliegenden Dreiecksäule in der Vorderansicht eine Hilfsschnittfläche, deren Breite aus der Draufsicht ermittelt wird. Damit werden die Punkte *e* und *f* gefunden. Durch einen weiteren Hilfsschnitt *B* entlang der Kante I werden in der Vorderansicht *g* und *h* ermittelt. Nachdem nun die Punkte *e* bis *h* in die Seitenansicht übertragen worden sind, wird die Zeichnung vervollständigt.

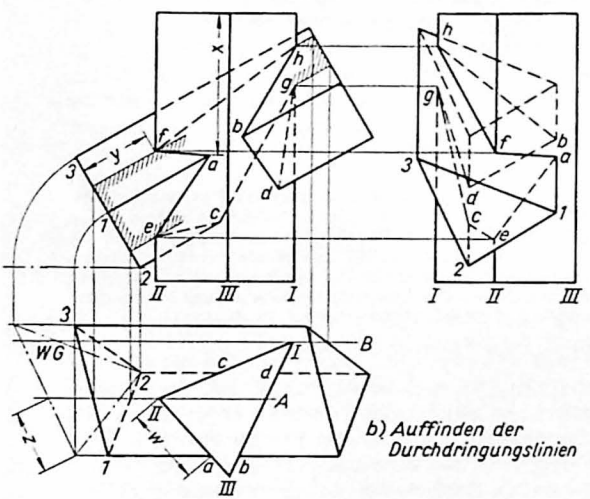
Für den Ausschnitt des abgewickelten Mantels der stehenden Dreiecksäule (**172.1** c) werden die Punkte *e* bis *h* von den Seitenkanten I und II der Vorderansicht übernommen. Die Abstände der Punkte *a* bis *d* von den Seitenkanten stammen aus Draufsicht und Vorderansicht (Beispiel: Maße *w* und *x* für Punkt *a*).

Zum Aufzeichnen des Mantels der schiefliegenden Dreiecksäule (**172.1** d) wird zuvor die wahre Größe *WG* der Grundfläche in der Draufsicht ermittelt (**172.1** b). Die wahren Längen der Dreieckseiten sind die Breiten der Mantelabwicklung. Die Punkte *a* bis *d* der Abwicklung gehen aus der Vorderansicht hervor. Die übrigen Punkte *e* bis *h* werden durch die Höhen aus der Vorderansicht (Beispiel: Maß *y* für Punkt *f*) und durch die Abstände von den Seitenkanten festgelegt. Diese sind aber an den wahren Längen der Dreieckseiten in der Draufsicht abzugreifen (Beispiel: Maß *z* für Punkt *f*).





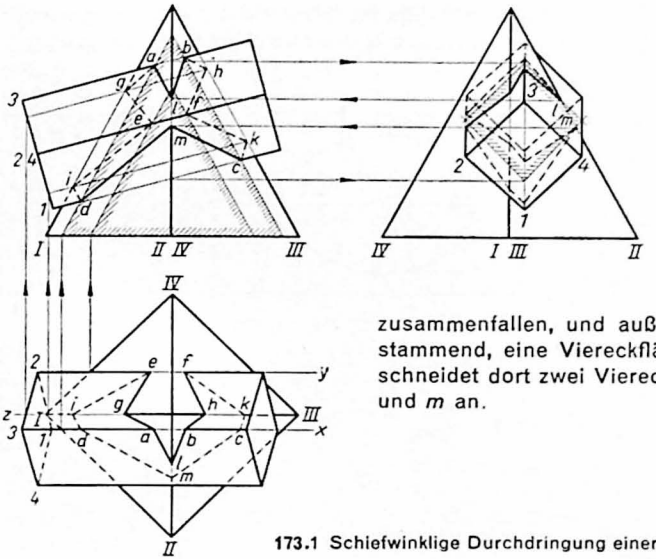




172.1 Schiefwinklige Durchdringung zweier Dreiecksäulen

10.32 Prisma und Pyramide

Schiefwinklige Durchdringung einer Pyramide mit einer Quadratsäule. Zur Ermittlung der Punkte *a* bis *d* in der Vorderansicht dient der Hilfsschnitt *X* (173.1). Er liegt parallel zur Längsachse der Pyramide und in den Seitenkanten 1 und 3 der Quadratsäule. Als Hilfsschnittfläche entsteht in der Vorderansicht das große, am Rande schraffierte Dreieck, In den Schnittpunkten der Dreieckseiten mit den Kanten 1 und 3 liegen die Punkte *a* bis *d*, die nun in die Draufsicht übertragen werden. Durch einen zweiten Hilfsschnitt *Y* parallel zur Pyramidenachse werden in der gleichen Weise die Punkte *e* und *f* in der Vorderansicht gefunden. Der dritte Hilfsschnitt *Z* führt durch die Pyramidenachse und liefert in der Vorder-

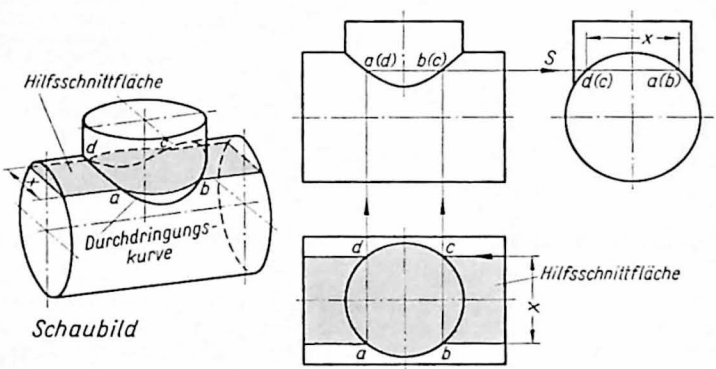


ansicht die Punkte *g* bis *k*. Die Punkte *l* und *m* entstehen zuerst in der Seitenansicht, und zwar durch einen Hilfsschnitt entlang der senkrechten Mittellinie in der Vorderansicht. Er erzeugt in der Seitenansicht, von der Pyramide herrührend, eine Dreieckfläche, deren Seiten mit den Umrißlinien der Seitenansicht zusammenfallen, und außerdem, von der Quadratsäule stammend, eine Viereckfläche. Die rechte Dreieckseite schneidet dort zwei Viereckseiten und gibt die Punkte *l* und *m* an.

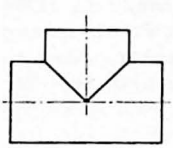
173.1 Schiefwinklige Durchdringung einer Pyramide und einer Quadratsäule

10.33 Zylinder

Rechtwinklige Durchdringung zweier Rundsäulen. Der Hilfsschnitt *S* führt durch beide Rundsäulen (**173.2**). An der stehenden erzeugt er eine kreisförmige und an der anderen eine rechteckige Schnittfläche. Die Breite der rechteckigen Schnittfläche wird als Maß *x* aus der Seitenansicht in die Draufsicht übertragen. Wo die Umrißlinien beider Schnittflächen zusammenstoßen, liegen die Punkte *a* bis *d*; sie werden in die Vorderansicht hochgelotet. Weitere Kurvenpunkte entstehen durch höher und tiefer liegende Hilfsschnitte.



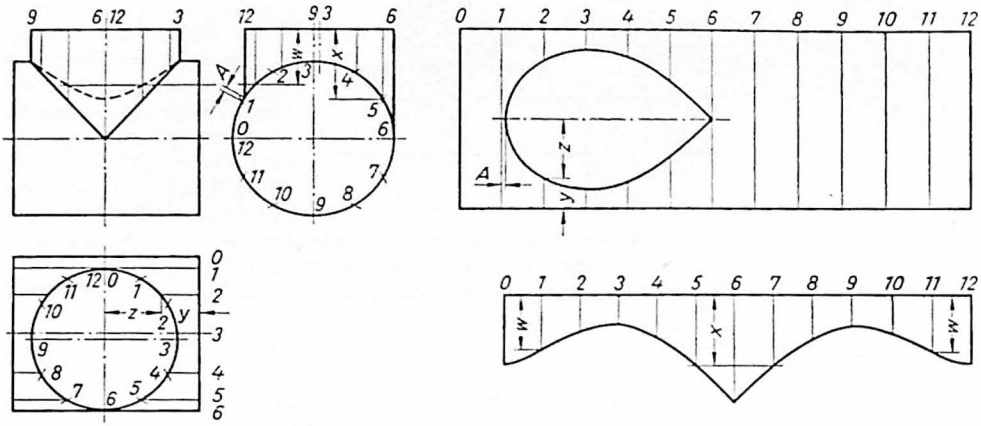
173.2 Rechtwinklige Durchdringung zweier Rundsäulen



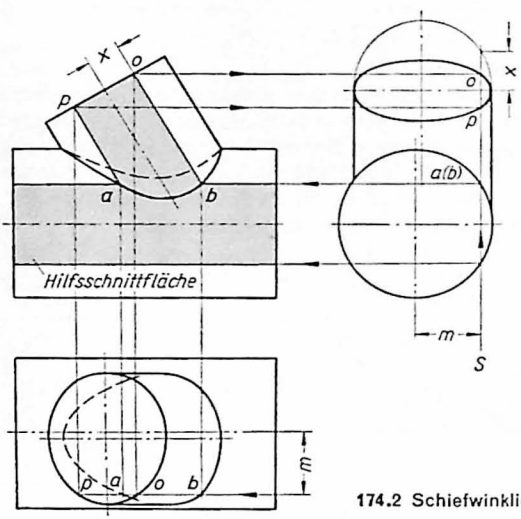
Die Durchdringungskurve ist eine Hyperbel, deren Scheitelbogen genügend genau mit dem Zirkel geschlagen werden kann. Als Halbmesser dient die Entfernung vom Scheitelpunkt bis zur Mittelachse der großen Rundsäule. Sind die Durchmesser gleich groß, dann entstehen gerade Durchdringungslinien (**173.3**). Gerade Durchdringungslinien zeigen auch die Bilder **177.5** und **6**.

173.3 Durchdringung zweier Rundsäulen gleichen Durchmessers

Die Durchdringungskurven können aber auch mit Hilfe von Mantellinien konstruiert werden (174.1). Dieses Verfahren ist am Platze, wenn auch die Mantelabwicklung gebraucht wird.



174.1 Durchdringung versetzter Rundsäulen und Mantelabwicklungen



Für die aufgesetzte Rundsäule, deren Mittelachse in dem Beispiel in einer anderen Ebene liegt als die des Hauptkörpers, werden 12 Mantellinien vorgesehen. Die Längen der einzelnen Mantellinien werden aus der Seitenansicht in die Vorderansicht übertragen und liefern dort die Kurvenpunkte. Außerdem geben sie die einzelnen Punkte der geschwungenen Begrenzungslinie der Mantelabwicklung an (Beispiel: Maße *w* und *x*). Der Umfang der großen Rundsäule wird in der Seitenansicht aufgestellt. Nun werden die Mantellinien in die Draufsicht übertragen, wo die Längen zum Aufzeichnen der Öffnungen in der Mantelabwicklung entstehen (Beispiele: Maße *y* und *z*). Maß *A* in der Abwicklung liefert die Seitenansicht.

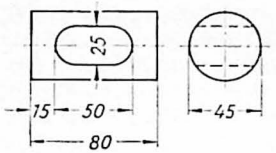
Schiefwinklige Durchdringung zweier Rundsäulen. Die Achsen der beiden Körper liegen in verschiedenen Ebenen (174.2).

174.2 Schiefwinklige Durchdringung versetzter Rundsäulen

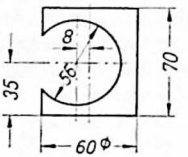
In der Seitenansicht wird in beliebigem Abstande *m* von der Mittelachse des Hauptkörpers ein Hilfsschnitt *S* durch beide Rundsäulen gelegt. Um in der Vorderansicht die Breite der Hilfsschnittfläche des Abzweigs zu ermitteln, wird in der Seitenansicht über der waagerechten Mittelachse der Deckfläche ein halber Hilfskreis geschlagen. Er stellt die in die Zeichenebene eingedrehte, halbe Deckfläche dar. Das Maß *x* ist mithin die halbe Breite der Hilfsschnittfläche des Abzweigs und in der Vorderansicht abzutragen, wo sich die Punkte *o* und *p* ergeben. Sie werden in die Seitenansicht übernommen. In den Schnittpunkten der Umrißlinien beider Hilfsschnittflächen in der Vorderansicht werden aber zugleich die Punkte *a* und *b* gefunden. Die Übertragung der Kurvenpunkte in die Draufsicht geschieht in der üblichen Weise aus den beiden anderen Ansichten.

Übung

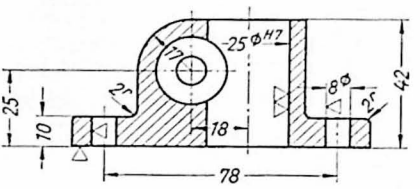
1. Zeichne die Werkstücke (**175.1** und 2) in drei Ansichten und konstruiere die Kurven.
2. Es sind die Rohre mit Abzweig (**175.3** und 4) in drei Ansichten darzustellen, die Kurven zu konstruieren und die Abwicklungen zu zeichnen.
3. Zeichne die gegebenen Ansichten des Gehäuses und ergänze die Seitenansicht als Schnitt durch die linke Bohrung (**175.5**).

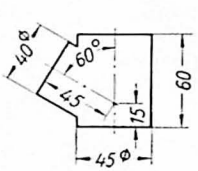


175.1 Geschlitzter Rundstahl

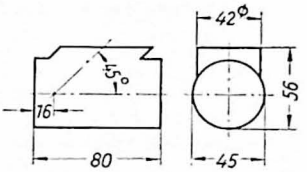


175.2 Durchbohrter Rundstahl

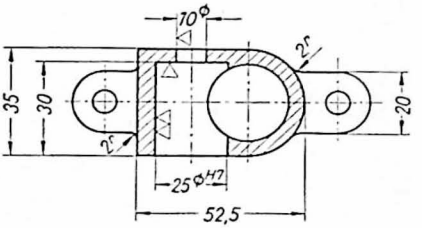




175.3 Rohr mit Abzweig



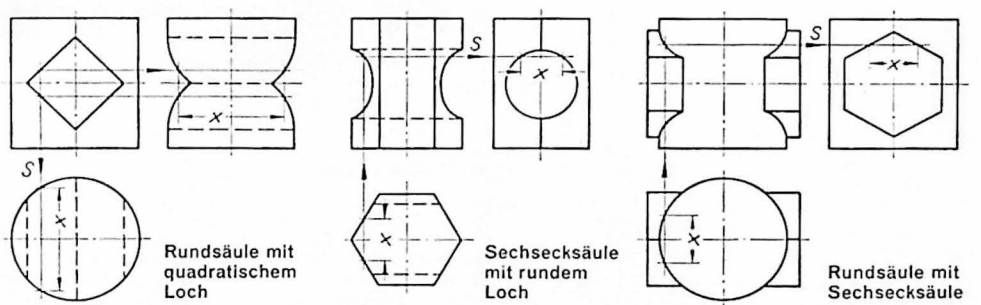
175.4 Rohr mit Abzweig



175.5 Gehäuse

10.34 Zylinder und Prisma

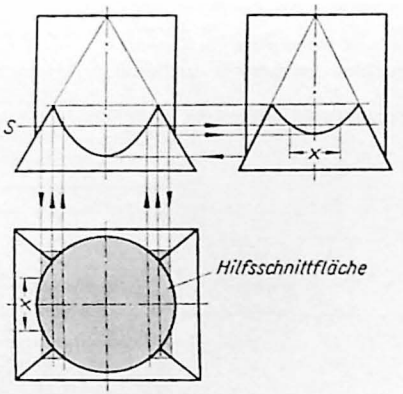
Rechtwinklige Durchdringung einer Rundsäule mit einem Prisma. Jede Durchdringungskurve in den Darstellungen ist ein Teil einer Ellipse (**175.6**). Die Hilfsschnitte *S* gehen wie immer durch beide Körper und liefern die einzelnen Kurvenpunkte.



175.6 Rechtwinklige Durchdringungen

10.35 Zylinder und Pyramide

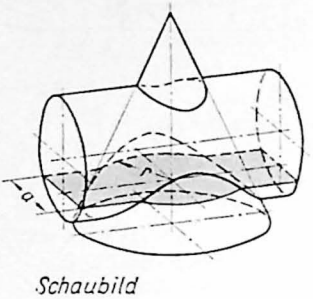
Durchdringung einer Pyramide mit einer Rundsäule. Die Durchstoßpunkte der Pyramidenseitenkanten am Mantel der Rundsäule werden aus der Draufsicht in die Vorderansicht übernommen und von hier in die Seitenansicht übertragen (**176.1**). Der Hilfsschnitt *S* liegt unter den Durchstoßpunkten und parallel zur Pyramidengrundfläche. Aus der Draufsicht werden die Kurvenpunkte sowohl in die Vorderansicht hochgelotet als auch in die Seitenansicht übertragen (Beispiel: Maß *x*). Die Kurven sind elliptisch.



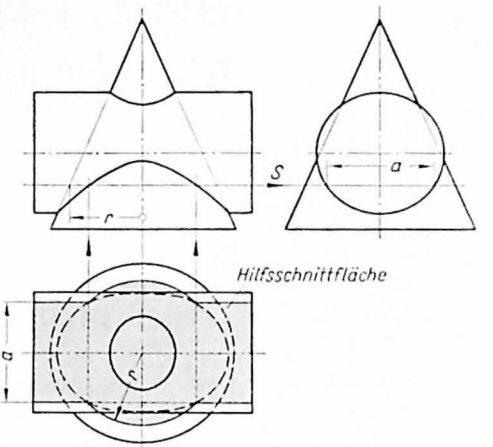
176.1 Durchdringung einer Pyramide mit einer Rundsäule

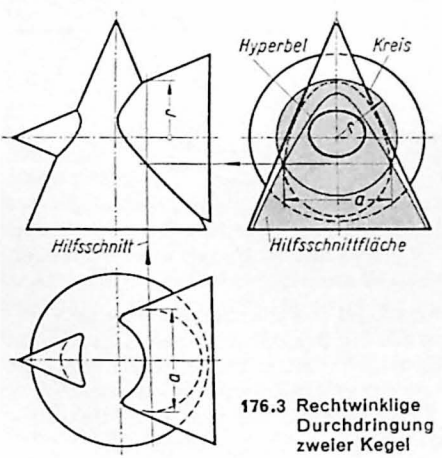
10.36 Zylinder und Kegel

Rechtwinklige Durchdringung eines Kegels mit einer Rundsäule. Der Hilfsschnitt *S* liegt parallel zur Kegelgrundfläche (176.2) und zur Achse der Rundsäule. Der Halbmesser *r* für die Hilfsschnittfläche wird in der Vorderansicht und die Breite *a* in der Seitenansicht abgegriffen. Die Kurven sind Hyperbeln. Gerade, sich kreuzende Durchdringungslinien entstehen, wenn die Seitenlinien des Kegels in der Seitenansicht Tangenten am Umfang der Rundsäule sind.



176.2 Rechtwinklige Durchdringung eines Kegels mit einer Rundsäule





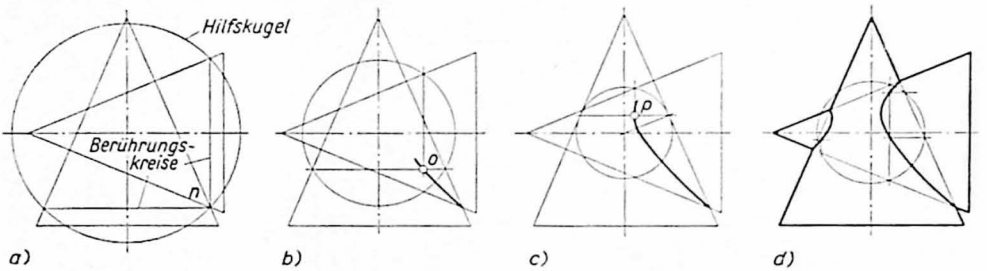
176.3 Rechtwinklige Durchdringung zweier Kegel

10.37 Kegel und Kegel

Rechtwinklige Durchdringung zweier Kegel. Die Kurven lassen sich durch Hilfsschnitte parallel zur Achse des stehenden und parallel zur Grundfläche des liegenden Kegels konstruieren (176.3). Als Hilfsschnittfläche treten demnach am liegenden Kegel eine Kreis- und am stehenden Kegel eine Hyperbelfläche auf. In den Schnittpunkten ihrer Umrißlinien liegen dann Punkte der Durchdringungskurve. Das Aufsuchen der Punkte mit Hilfe von Hyperbelflächen ist jedoch zeitraubend und ungenau, weil die Hyperbeln auch erst punktweise gefunden werden müßten.

Eine einfache Konstruktion ergibt das Hilfskugelverfahren (177.1). Ist ein Kegel in eine Kugel gesteckt, dann berühren sich die Oberflächen beider Körper auf Kreislinien. Nun wird davon ausgegangen, daß die sich durchdrin-

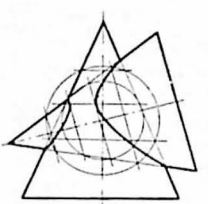
genden Kegel in eine Hilfskugel eingedrückt sind, und es wird zunächst der Punkt *n* betrachtet (**177.1** a). Er ist ein Berührungspunkt der beiden Kegelmantelflächen und liegt auf der Hilfskugeloberfläche im Berührungspunkt zweier Kreise, die als Durchdringungslinien der beiden Kegel mit der Hilfskugel entstehen und in der Darstellung als gerade Linien parallel zu den Kegelgrundlinien auftreten. Zum Aufsuchen eines weiteren Kurvenpunktes *o* wird eine kleinere Hilfskugel benutzt (**177.1** b). Die beiden Kegel liegen auch an dieser mit Kreisen an, die wieder gerade Linien parallel zu den Kegelgrundflächen sind. Im Schnittpunkt beider Geraden liegt der Punkt *o*. Punkt *p* ist der Scheitel der Kurve (**177.1** c). Dafür ist eine Hilfskugel notwendig, deren Umfang die Seitenlinie des einen Kegels schneidet und die des anderen berührt. Bild **177.1** d zeigt die vollständigen Kurven. Sie sind Hyperbeln.



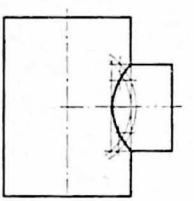
177.1 Kurvenkonstruktion durch Hilfskugelverfahren

Die Anwendung des Hilfskugelverfahrens ist an allen Drehkörpern möglich, deren Achsen in derselben Ebene liegen. Es hat den Vorteil, daß die Kurven ohne Benutzung einer weiteren Ansicht entstehen (**177.2** und 3). Der Mittelpunkt der Hilfskugeln liegt stets im Schnittpunkt der Körperachsen.

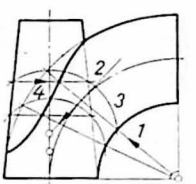
Bei der Konstruktion der Kurven, die bei einem auf einen Rohrkrümmer aufgesetzten kegeligen Abzweig entstehen (**177.4**), ist die Lage der Kugelmitten verschieden. Die Ziffern 1 bis 4 geben die Reihenfolge beim Aufsuchen eines Kurvenpunktes an.



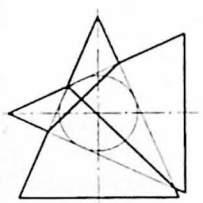
177.2 Zwei Kegel



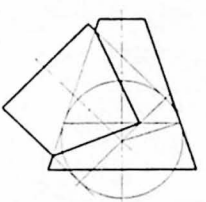
177.3 Zwei Rundsäulen



177.4 Rohrkrümmer mit Kegelstumpf



177.5 Zwei Kegel

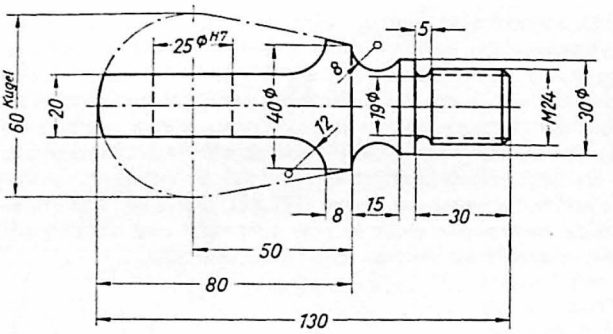


177.6 Kegelstumpf mit Rundsäule

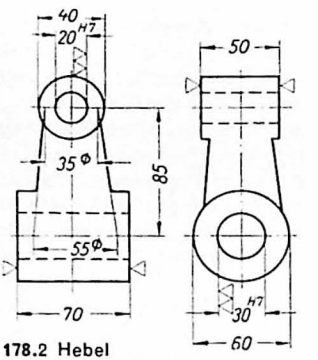
Sind die Seitenlinien beider Drehkörper Tangenten an einem Hilfskugelkreis zugleich, dann entstehen gerade Durchdringungslinien (**177.5** und 6).

Übung

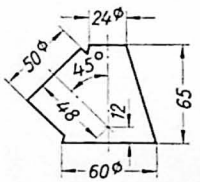
1. Zeichne den Kegelstumpf mit Rundsäule (**177.6**) in drei Ansichten nach selbstgewählten Maßen und konstruiere die Durchdringungskurven und die Abwicklungen der Mäntel.
2. Zeichne die drei Ansichten und konstruiere die Kurven (**178.1**).
3. Konstruiere die Durchdringungslinien am Hebel (**178.2**).
4. Das kegelige Rohr mit Abzweig (**178.3**) ist in drei Ansichten darzustellen. Außerdem sind die Mantelabwicklungen zu zeichnen.
5. Zeichne den Krümmer mit Abzweig (**178.4**) in drei Ansichten und konstruiere die Kurven.
6. Die Drehkörper (**178.5** und 6) sind einschließlich der Durchdringungslinien in drei Ansichten darzustellen.
7. Zeichne die Werkstücke (**178.7** bis **178.9**) in drei Ansichten und konstruiere die Kurven.



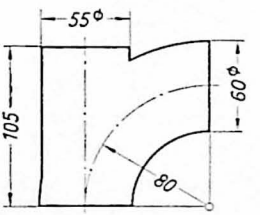
178.1 Zunge



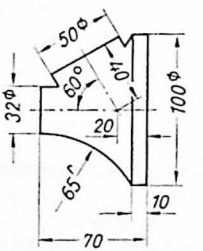
178.2 Hebel



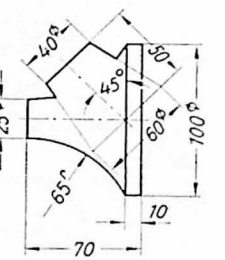
178.3 Kegeliges Rohr mit zylindrischem Abzweig



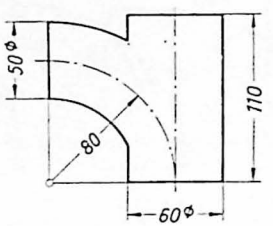
178.4 Krümmer mit zylindrischem Abzweig



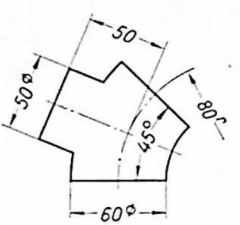
178.5 Drehkörper mit zylindrischem Abzweig



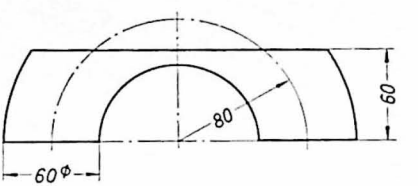
178.6 Drehkörper mit kegeligem Abzweig



178.7 Rohr mit gekrümmtem Abzweig



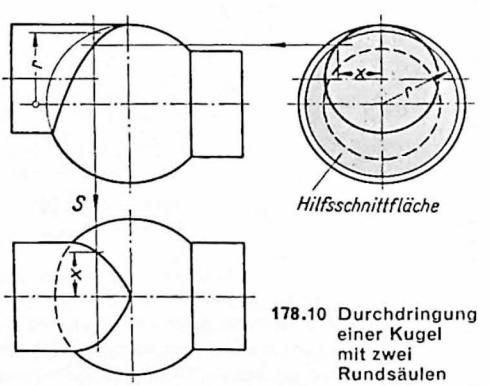
178.8 Krümmer mit zylindr. Abzweig



178.9 Angeflächter, halber Ring

10.38 Zylinder und Kugel

Durchdringung einer Kugel mit zwei Rundsäulen. Führt die Achse der durchdringenden Rundsäule durch die Kugelmitte, so entsteht als Durchdringungslinie ein Kreis (178.10). Er ist in der Vorderansicht und in der Draufsicht als senkrechte Gerade dargestellt. Führt aber die Achse der Rundsäule an der Kugelmitte vorbei, dann tritt eine Durchdringungskurve auf.

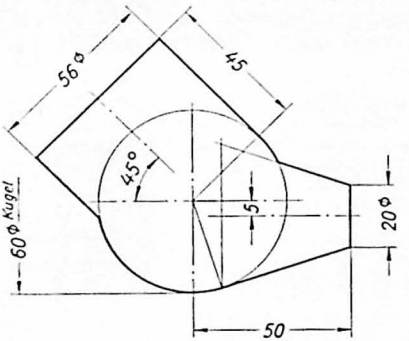


178.10 Durchdringung einer Kugel mit zwei Rundsäulen

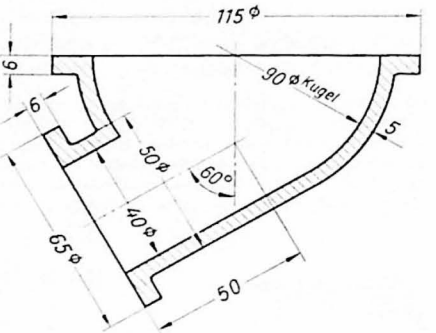
Der Hilfsschnitt *S* schneidet Kugel und Rundsäule. Beide Hilfsschnittflächen sind Kreise, deren Umfänge sich in Kurvenpunkten schneiden. Die Punkte werden aus der Seitenansicht in die beiden anderen Ansichten übertragen.

Übung

1. Untersuche, durch welche anderen Hilfsschnitte die Konstruktion der Kurven in Bild **178.10** möglich ist.
2. Zeichne die Kugel mit den beiden Abzweigen (**179.1**) und konstruiere die Kurven.
3. Zeichne die Pfanne (**179.2**) und konstruiere die Durchdringungskurve im Hohlraum des Werkstücks.



179.1 Kugel mit Abzweigen

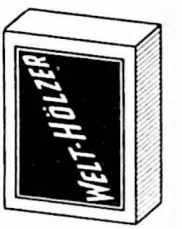


179.2 Pfanne

11 Parallelperspektiven

Eine Streichholzschachtel wird so vor die Augen gehalten, daß die Schriftfläche als stehendes Rechteck zu sehen ist. Dann wird die Schachtel gedreht und außerdem nach vorn gekippt, damit auch eine Streichfläche und die Deckfläche sichtbar werden (**180.1**). Das Bild, das drei Begrenzungsflächen zeigt, ist ein perspektives Bild.

Perspektive Darstellungen sind sehr anschaulich. Sie bieten dem im Lesen technischer Zeichnungen Ungeübten ein sofort verständliches Bild des Gegenstandes. Deshalb wird auch in Preislisten, Ersatzteilkatalogen usw. weitgehend von ihnen Gebrauch gemacht. Perspektive Darstellungen sind auch für den Konstrukteur von Nutzen. Denn häufig entwirft er das Werkstück freihändig in Perspektive, wägt ab, ändert bis zur endgültigen Gestalt und zeichnet erst dann in den üblichen Ansichten auf.



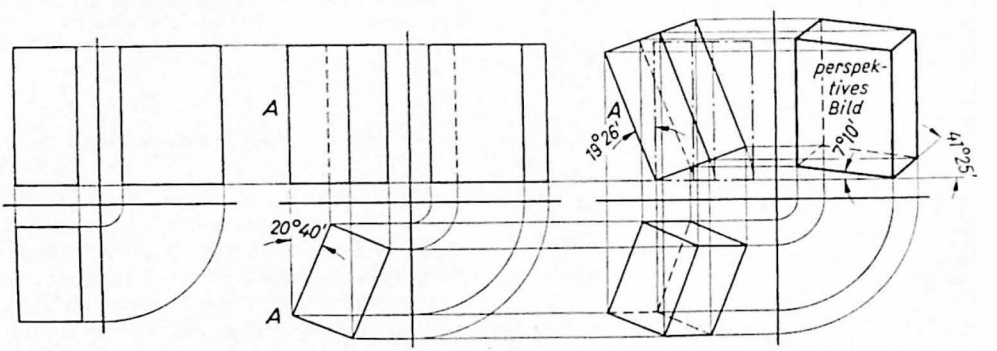
180.1 Gedrehte und gekippte Streichholzschachtel

11.1 Dimetrische Darstellungen

Werden beim Aufzeichnen des perspektiven Bildes zwei verschiedene Maßstäbe benutzt (**181.1**), dann handelt es sich um eine dimetrische Darstellung.

11.11 Rechtwinklige Parallelprojektion auf eine schiefe Bildebene (DIN 5)

Entstehung. Bild **180.2**a zeigt eine Rechtecksäule in der gewöhnlichen Lage. In Bild **180.2**b ist der Körper um 20° 40′ um die Längskante *A* gedreht, wie aus der Draufsicht zu entnehmen ist. Hieraus werden Vorderansicht und Seitenansicht entwickelt. Die Vorderansicht in Bild **180.2**c zeigt den um die untere Ecke der Längskante *A* um 19° 26′ noch gekippten Körper. Dieses Bild stimmt, abgesehen von der Kippstellung, mit der Vorderansicht in Bild **180.2**b überein. In Bild **180.2**c werden nun in Anlehnung an die Draufsicht von Bild **180.2**b die Draufsicht und danach die Seitenansicht konstruiert, die das perspektive Bild ergibt.



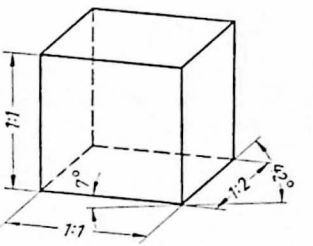
180.2 Entstehung einer dimetrischen Darstellung

Das perspektive Bild kann auch auf andere Weise entstehen: Der Körper verbleibt in der Anfangsstellung, dafür ändert der Beschauer die Blickrichtung. Er verlegt seinen Standort, von dem er nur die Vorderfläche sah, um 20° 40′ nach rechts und um 19° 26′ nach oben. Auf eine ebene Fläche hinter dem Körper, deren Ecken vom Auge des Beschauers gleichen Abstand haben und die somit schief zur Vorderfläche des Körpers liegt, wird nun mit vom Beschauer ausgehenden, parallelen Strahlen das Bild des Körpers projiziert. Es ist also durch rechtwinklige Parallelprojektion auf eine schiefe Bildebene entstanden. Durch die Wahl der Winkel 20° 40′ und 19° 26′ entsteht ein Bild, das gut aussieht und bequem gezeichnet werden kann.

Eigentümlichkeiten. In dieser Perspektive bleiben alle parallelen Kanten des Körpers parallel (**180.**2c). Senkrechte Körperkanten erscheinen auch in dem Bilde senkrecht. Die in die Tiefe laufenden Kanten bilden mit der Waagerechten Winkel von 41° 25′ und die Kanten in der Breite solche von 7° 10′.

Die Kanten des Körpers erscheinen aber verkürzt. So sind die senkrechten und die unter 7° 10′ laufenden Kanten eines Würfels von $s = 100$ mm Seitenlänge nur 94,28 mm und die in der dritten Richtung nur 47,14 mm lang.

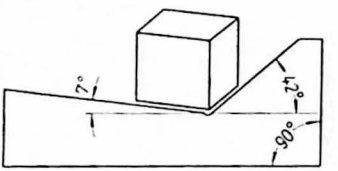
Beim Aufzeichnen der perspektiven Bilder werden aber die Kanten in Richtung der Höhe und der Breite in ganzer Größe und die in die Tiefe laufenden Kanten in halber Größe der Körperabmessungen abgetragen und außerdem die Winkel auf 42° und 7° gerundet (**181.**1).



181.1 Würfel in dimetrischer Darstellung

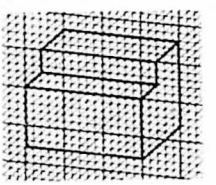
Das so gezeichnete Bild ist mithin in allen Ausdehnungen größer als eine nach Bild **180.**2 entwickelte Darstellung. Die Abweichung ist aber unbedeutend gegenüber dem Vorteil der einfacheren Zeichenarbeit in den Maßstäben 1 : 1 und 1 : 2.

Mit Perspektivwinkeln werden Linien unter 42° und 7° und auch Senkrechte gezogen (**181.**2).



181.2
Gebrauch des Perspektivwinkels

Papiere, die diese drei Achsen als Netzaufdruck tragen (**181.**3), sind für das freihändige Skizzieren perspektiver Bilder sehr geeignet.



181.3
Gebrauch des Schrägbildpapiers

Jedes Werkstück kann von links oben, rechts oben, links unten und rechts unten betrachtet werden (**181.**4).

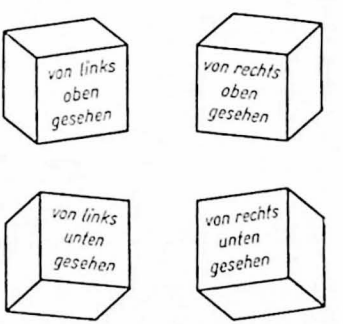
Es wird nun das Bild gewählt, in dem die meisten Körperkanten in der Vorderfläche auftreten. Es gibt die Gestalt des Körpers am vollkommensten wieder.

Darstellung geradlinig begrenzter Flächen. Es werden Mittellinien in den erforderlichen Richtungen gezogen und die Abmessungen nach beiden Seiten abgetragen. Die Bilder **182.**1 bis 4 zeigen solche Flächen in je drei verschiedenen Stellungen.

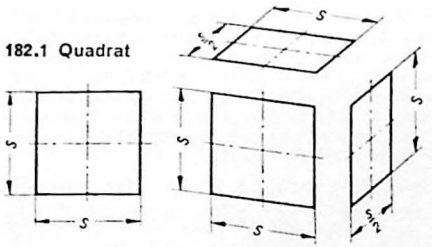
Das Sechseck wird in ein Rechteck eingezeichnet (**182.**5).

Die Seiten des Rechtecks sind Eckenmaß e und Seitenabstand s. Eine Größe ist der von anderen abhängig. Durch Vierteilung (0 bis 4) der langen Rechteckseiten werden die fehlenden Ecken des Sechsecks gefunden.

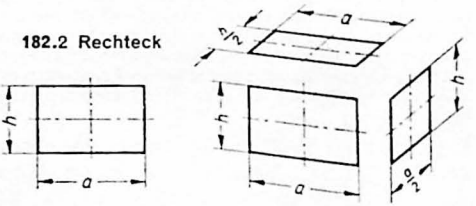
Das Achteck wird von einem Quadrat eingeschlossen, das zum Aufzeichnen des perspektiven Bildes dient (**182.**6).



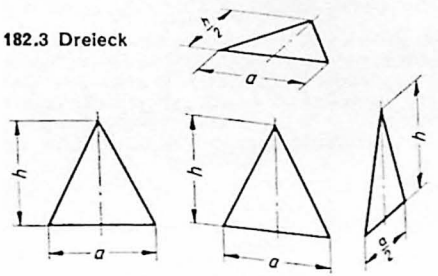
181.4 Verschiedene Blickrichtungen



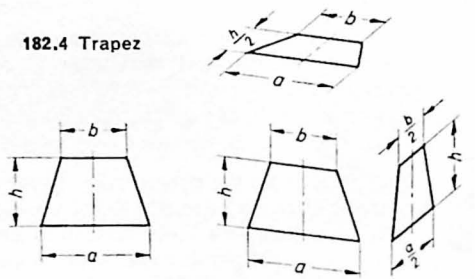
182.1 Quadrat



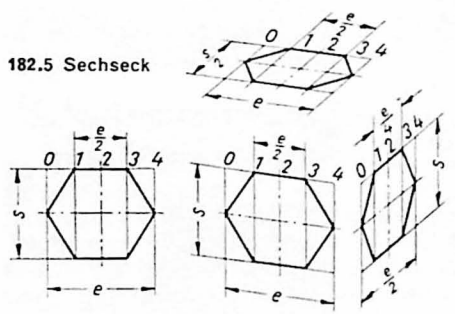
182.2 Rechteck



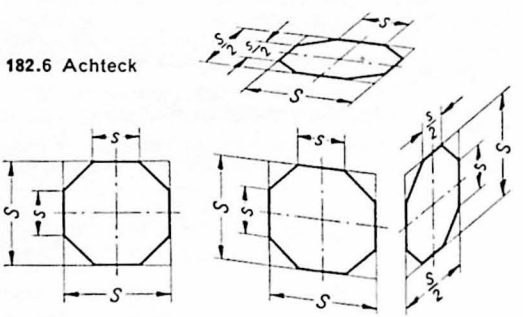
182.3 Dreieck



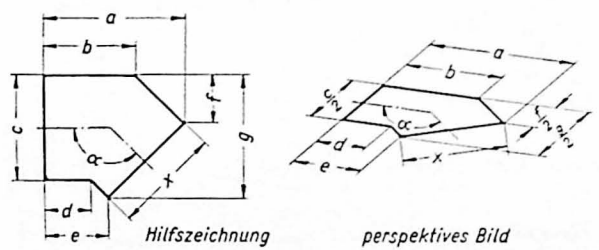
182.4 Trapez



182.5 Sechseck



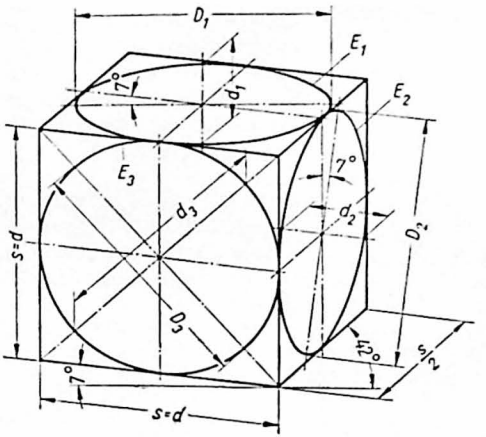
182.6 Achteck



182.7 Blechwinkel

Winkel erfordern eine Hilfszeichnung (**182.7**). Darin werden mit rechtwinkligen Größen im Winkel liegende Linien festgelegt (z. B. *a*, *f*, *g* und *e* für *x*) und sinngemäß in das perspektive Bild übertragen. Der Winkel α ergibt sich beim Aufzeichnen in der Perspektive von selbst.

Darstellung der Kreise und Ellipsen. Kreise erscheinen in der Perspektive als Ellipsen. Die große Achse D_1 der in die obere Fläche eingezeichneten Ellipse E_1 liegt waagerecht und ist $\approx$ 1,06mal so lang wie die Würfelkante *s* oder der wirkliche Kreisdurchmesser *d* (**183.1**).



183.1 Kreise in verschiedenen Ebenen

Die kleine Ellipsenachse d_1 steht senkrecht zur großen und ist $^1/_3$ so lang wie diese. Für die Abmessungen der in der Seitenfläche liegenden Ellipse E_2 gilt das gleiche, sie ist jedoch um etwa 7° nach hinten geneigt.

Der Scheitel der Ellipsen E_1 und E_2 lassen sich annähernd genau mit dem Zirkel schlagen, während die dazwischenliegenden Teile erst freihändig und dann mit dem Kurvenlineal gezogen werden (**183.2** a und b). Um unschöne Ellipsen zu vermeiden, sollen die Bogen nach jeder Seite nicht länger gezogen werden, als durch $R_1 \approx 0{,}2\,d$ und $r_1 \approx 0{,}05\,d$ festgelegt ist.

Für diese angenäherte Form, die einen Kreis von $d = 100$ mm Durchmesser darstellen soll, betragen

die halbe große Achse	a	≈ 53,0 mm
„ „ kleine „	b	≈ 17,7 mm
der große Halbmesser	R	≈ 159,0 mm
„ kleine „	r	≈ 5,9 mm
der Halbmesser	R_1	≈ 20 mm
„ „	r_1	≈ 5 mm

Mit diesen Zahlen lassen sich die Abmessungen der Ellipsen für andere Kreisdurchmesser berechnen.

Beispiel

Für einen Kreis von $d = 60$ mm Durchmesser sind

$$a \approx \frac{60 \cdot 53{,}0}{100} \approx 31{,}8 \text{ mm}$$

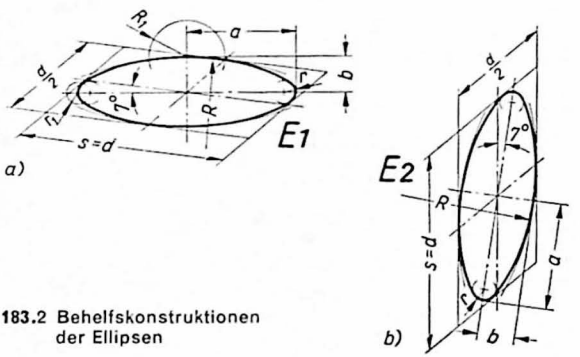
$$b \approx \frac{60 \cdot 17{,}7}{100} \approx 10{,}6 \text{ mm}$$

$$R \approx \frac{60 \cdot 159{,}0}{100} \approx 95{,}4 \text{ mm}$$

$$r \approx \frac{60 \cdot 5{,}9}{100} \approx 3{,}5 \text{ mm}$$

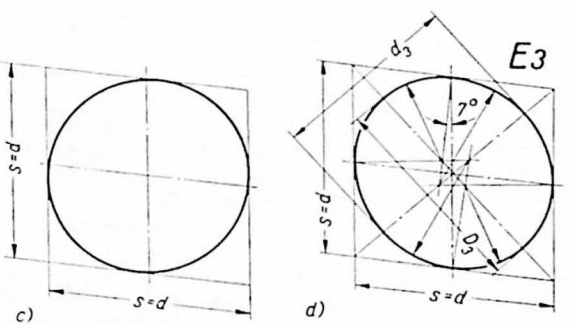
$$R_1 \approx \frac{60 \cdot 20}{100} \approx 12 \text{ mm}$$

$$r_1 \approx \frac{60 \cdot 5}{100} \approx 3 \text{ mm}$$



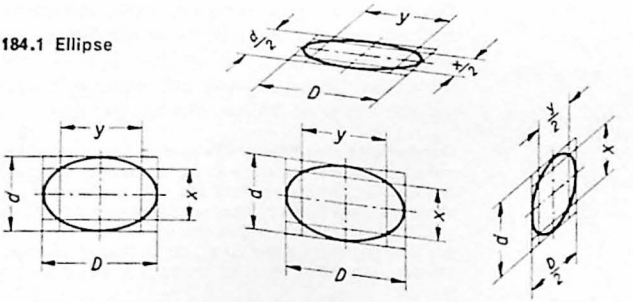
183.2 Behelfskonstruktionen der Ellipsen

Die Achsen der in der Vorderfläche liegenden Ellipse E_3 fallen mit den Diagonalen des einschließenden Vierecks zusammen (**183.1**). Die große Achse D_3 ist ebenfalls ≈ 1,06 mal so lang wie die Würfelkante s oder der wirkliche Kreisdurchmesser d, während die Länge der kleinen Ellipsenachse d_3 etwa $^9/_{10}$ der großen beträgt.



Sie wird, wie die Norm es vorsieht, einfach als Kreis gezeichnet (**183.2** c), kann aber auch aus vier Kreisbogen bestehen (**183.2** d).

Die Zirkeleinsatzpunkte liegen in den Schnittpunkten der Diagonalen mit Geraden, die von den Mitten zweier Viereckseiten unter 7° zu den Mittellinien des Vierecks gezogen werden.

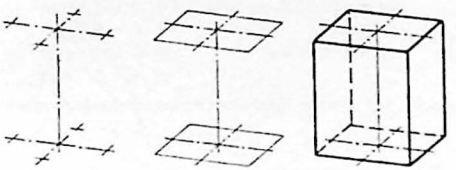


184.1 Ellipse

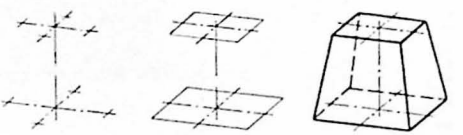
Zum Aufzeichnen von perspektiv dargestellten Ellipsen werden Hilfslinien benutzt. Sie liefern die Abmessungen zur punktweisen Konstruktion der Kurve (**184.1**).

Darstellung der Körper. Perspektive Abbildungen von Körpern entstehen durch Zusammenfügen der Oberflächen.

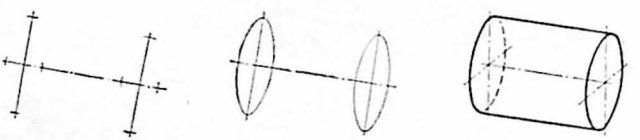
Prismen und Pyramiden. Zuerst werden die Achsen festgelegt, dann Grund- und Deckfläche aufgezeichnet und schließlich die Ecken verbunden (**184.2** und 3).



184.2 Aufzeichnen einer Rechtecksäule

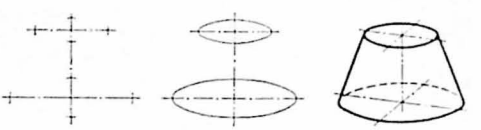


184.3 Aufzeichnen eines Pyramidenstumpfes



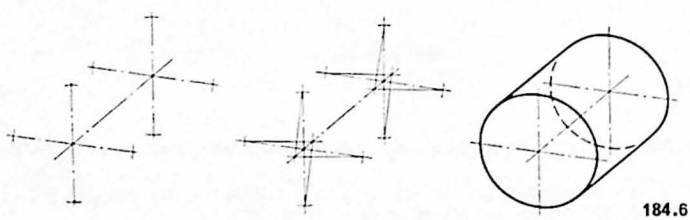
184.4 Aufzeichnungen einer Rundsäule

Rundsäule und Kegel. Sind Kreisflächen als flache Ellipsen darzustellen, dann werden die Ellipsenachsen aufgezeichnet, die Abmessungen a, b, R, r, R_1 und r_1 berechnet (s. S. 183), a und b auf den Achsen abgetragen, mit R und r Kreisbogen geschlagen, deren Längen zuvor mit R_1 und r_1 festgelegt wurden, und die Ellipsen mit dem Kurvenlineal vervollständigt (**184.4** und 5). Zum Schluß werden die Seitenlinien gezogen.

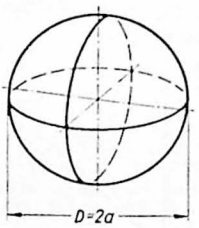


184.5 Aufzeichnen eines Kegelstumpfes

Erscheinen dagegen Kreise als großflächige Ellipsen, dann werden nach dem Aufzeichnen der Körperachsen die wirklichen Durchmesser der Kreise auf den senkrechten und auf den unter 7° zur Waagerechten geneigten Achsen abgetragen, die Zirkeleinsatzpunkte ermittelt (**184.6**) und die Kreisbogen und die Umrißlinien des Mantels gezogen.



184.6 Aufzeichnen einer Rundsäule



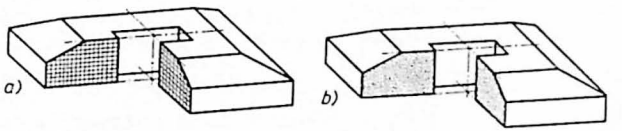
185.1 Darstellung der Kugel

Kugel. Die Umrißlinie einer perspektiv dargestellten Kugel ist ein Kreis (185.1). Sein Durchmesser D ist $\approx$ 1,06mal so groß wie in Wirklichkeit, weil auch die Kugel wie alle anderen Körper größer gezeichnet wird (s. S. 181). Er kann als $2a$ ebenso wie die Abmessungen der in den Mittelebenen der Kugel liegenden Ellipsen berechnet werden.

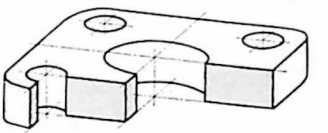
Schnittdarstellung. Gewöhnlich wird ein Viertel des Werkstücks herausgeschnitten, und zwar dasjenige, das dem Auge am nächsten liegt (185.2). Dadurch wird der Blick in das Innere des Körpers freigegeben. Es ist zweckmäßig, anfänglich alle Körperkanten als dünne Vollinien zu zeichnen, dann die Schnittflächen zu umreißen und danach die sichtbaren Kanten nachzuziehen.

Es kann aber auch mehr als ein Viertel des Werkstücks herausgeschnitten werden (185.3).

Über die Kennzeichnung der Schnittflächen besteht keine Einheitlichkeit. Sie können geschrafft, gepunktet oder geschwärzt werden.



185.2 Schnittdarstellung



185.3 Gebrochener Schnitt

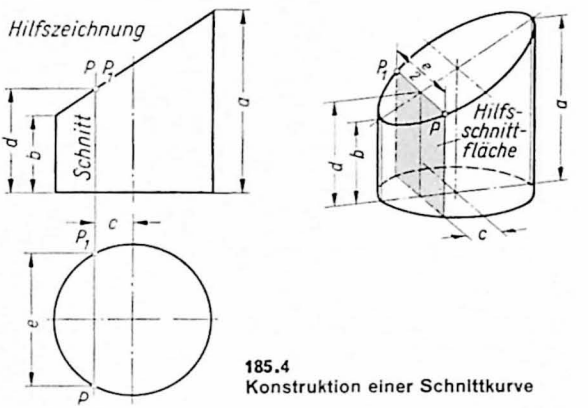
Schnitt- und Durchdringungskurven werden punktweise konstruiert. Hierzu ist jeweils eine Hilfszeichnung erforderlich (185.4).

Zum Festlegen von Punkten der Ellipse können in der Hilfszeichnung Schnitte parallel zur senkrechten Mittelachse gelegt werden. Die Kurvenpunkte P und P_1 werden in die perspektive Darstellung unter Benutzung der Maße c, d und $e/2$ übertragen.

Die Konstruktion der Ellipsen in der Hilfszeichnung ist nicht nötig.

Übung

Die ab Seite 46 in den üblichen Ansichten und Schnitten dargestellten Werkstücke sind in selbstzutreffender Auswahl perspektiv darzustellen.



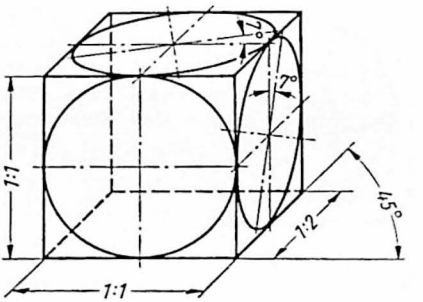
185.4
Konstruktion einer Schnittkurve

11.12 Schiefe Parallelprojektion auf eine lotrechte Bildebene

Das perspektive Bild des Körpers entsteht auf einer ebenen Fläche, die senkrecht und in parallelem Abstande hinter dem Körper steht und auf die die parallelen Projektionsstrahlen schief von der Seite und aus der Höhe auftreffen. Es kann mit einem durch Sonnenstrahlen hervorgerufenen Körperschatten auf der Erdoberfläche verglichen werden. Je nach der Größe der Winkel, unter denen die Projektionsstrahlen liegen, ist eine große Vielfalt von perspektiven Bildern möglich, bei denen aber immer die Höhen senkrecht und die Breiten waagerecht, beide stets in voller Größe, wiedergegeben werden. Es wird nun dem Bilde der Vorzug

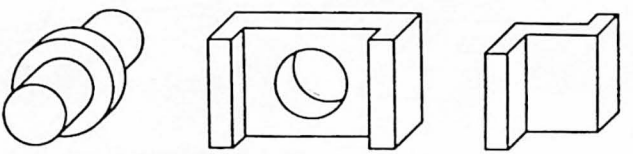
gegeben, bei dem die in die Tiefe laufenden Kanten unter 45° zur Waagerechten in halber Größe erscheinen (**186.1**), weil andere nicht so natürlich wirken.

Alle parallel zur Bildebene liegenden Flächen des Körpers behalten in dieser Perspektive ihre Gestalt, werden also nicht verzerrt. So treten die vordere und die hintere Fläche eines Würfels auch in dem perspektiven Bilde als Quadrate und die Kreise darin als Kreise auf. Dagegen erscheinen die in den anderen Würfelflächen liegenden Kreise als unter 7° liegende Ellipsen.



186.1 Würfel in dimetrischer Darstellung

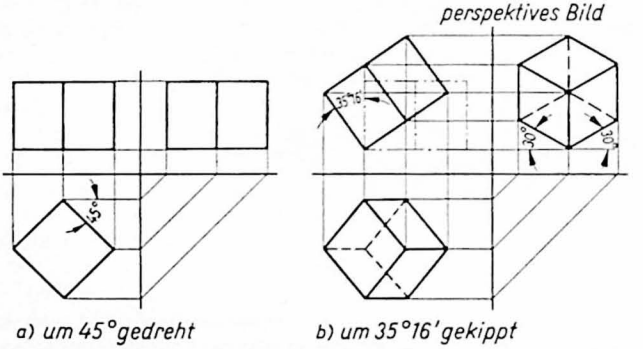
Diese Perspektive ist zwar nicht mehr genormt, gibt aber die naturgetreue Größe des Körpers wieder und wird vorzugsweise angewandt, wenn Wesentliches in der Vorderfläche gezeigt werden soll und wenn Kreisflächen am Werkstück nur in der Bildebene auftreten, da sie dann als Kreise bequem zu zeichnen sind, oder überhaupt nicht vorhanden sind (**186.2**).


186.2 Darstellungsbeispiele

11.2 Isometrische Darstellungen (DIN 5)

Eine Perspektive ist isometrisch, wenn alle Abmessungen im gleichen Zeichnungsmaßstab dargestellt sind.

Entstehung und Besonderheiten. Wird ein Würfel um 45° gedreht und, damit die Körperdiagonale waagerecht liegt, um 35° 16′ gekippt, dann entsteht ein Bild, bei dem alle senkrechten Körperkanten als Senkrechte auftreten und die beiden anderen Ausdehnungen in Winkeln von 30° zur Waagerechten liegen (**186.3**).

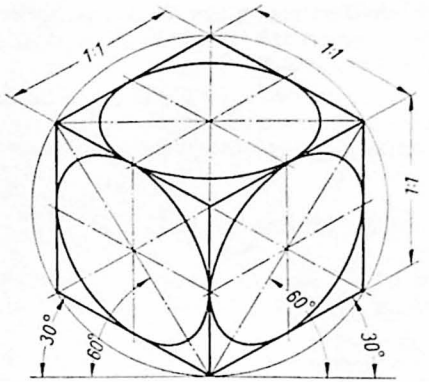


186.3 Entstehung der isometrischen Darstellung

Diese Perspektive entsteht also auch durch rechtwinklige Parallelprojektion auf eine schiefe Bildebene (s. S. 180).

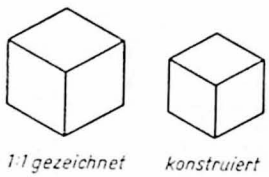
Die Quadratflächen des Würfels sind in dieser Perspektive deckungsgleiche Rhomben. Außerdem sind die Ellipsen für alle in den drei Ebenen liegenden Kreise gleichen Durchmessers deckungsgleich (**187.1**).

Die Würfelkanten sind in dem perspektiven Bilde (**186.3b**) kürzer als am Körper. Aus z. B. 100 mm wahrer Länge werden in der Perspektive 81,65 mm. In der praktischen Anwendung sind jedoch alle Kanten unverkürzt zu zeichnen (**187.1**).



187.1 Kreise in der isometrischen Darstellung

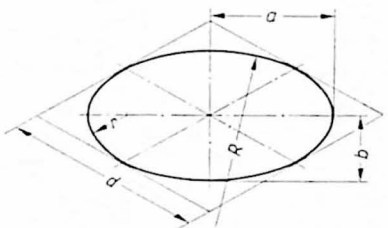
Die in den Rhomben liegenden Ellipsen haben ein Achsenverhältnis von $1 : \sqrt{3}$ ($\sqrt{3} \approx 1{,}732$). Die obere Ellipse liegt waagerecht. Die großen Achsen der beiden anderen liegen unter 60° zur Waagerechten. Gleichheit der Ellipsen, ihre bequeme Lage und der einheitliche Zeichnungsmaßstab für alle Kanten geben dieser Perspektive einen Vorzug, dem allerdings der Nachteil des zu groß dargestellten Körpers (187.2) der Konstruktion in Bild 186.3 gegenübersteht.



187.2
Größenvergleich
Kantenlängen 100 : 81,65
Rauminhalte 1,814 : 1

Darstellung der Kreise. Die Hauptabmessungen einer Ellipse (187.3), die einen Kreis von $d = 100$ mm Durchmesser darstellt, sind:

die halbe große Achse	$a \approx$	61,2 mm
„ „ kleine „	$b \approx$	35,4 „
der große Halbmesser	$R \approx$	105,8 „
„ kleine „	$r \approx$	20,5 „



187.3 Abmessungen einer Ellipse

Mit Hilfe dieser Zahlen lassen sich die Abmessungen der Ellipsen für alle in dieser Perspektive auftretenden Kreise errechnen und mit den Halbmessern R und r immer nur Teile der Ellipse zeichnen.

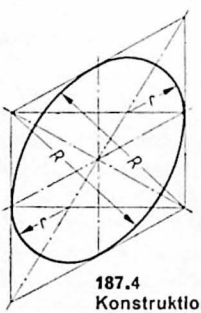
Beispiel Für einen Kreis von $d = 40$ mm sind:

$$a \approx \frac{61{,}2 \cdot 40}{100} \approx 24{,}48 \text{ mm} \qquad b \approx \frac{35{,}4 \cdot 40}{100} \approx 14{,}16 \text{ mm}$$

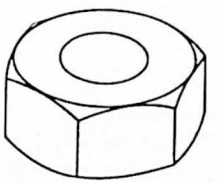
$$R \approx \frac{105{,}8 \cdot 40}{100} \approx 42{,}32 \text{ mm} \qquad r \approx \frac{20{,}5 \cdot 40}{100} \approx 8{,}2 \text{ mm}$$

Zur Erleichterung der Zeichenarbeit wird eine Ellipsenschablone verwendet. Sie ist ein gleichseitiges Dreieck mit elliptischen Löchern in den häufiger auftretenden Größen. An den Innenkanten der Löcher wird der Bleistift entlanggeführt.

Häufig genügt eine der Ellipse angenäherte Form, bestehend aus vier Kreisbogen, die jeweils von Mitte zu Mitte Rhombusseite reichen (187.4). Die Einsatzpunkte für den Zirkel liegen in den stumpfwinkligen Rhombusecken und in den Schnittpunkten der großen Diagonale mit den Verbindungslinien von einer stumpfen Ecke zur Mitte der gegenüberliegenden Seite.



187.4
Konstruktion der angenäherten Ellipse



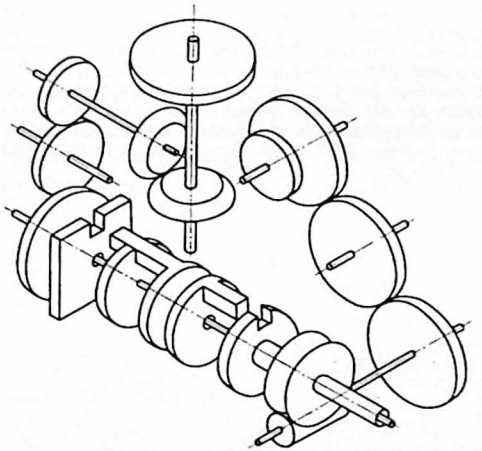
187.5 Rohling für Sechskantmutter

Für diese angenäherte Form einer Ellipse, die einen Kreis von $d = 100$ mm Durchmesser wiedergibt, betragen die halben Achsen 57,7 und 36,6 mm und die Halbmesser 86,6 und 28,9 mm. Vergleiche hierzu die oben angegebenen Abmessungen für a, b, R und r.

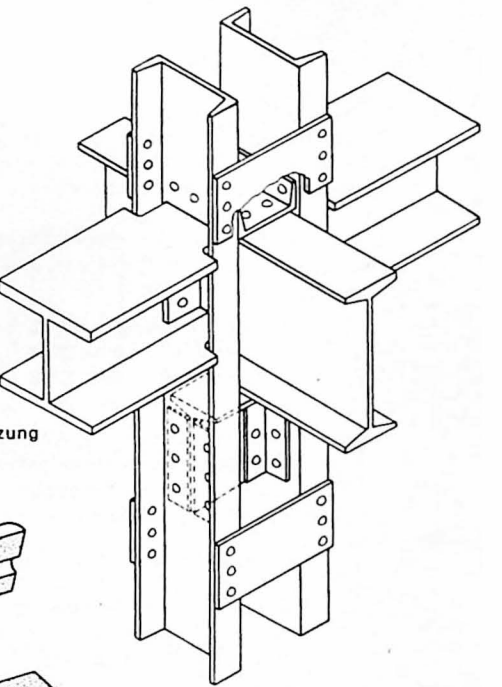
Die isometrische Perspektive wird gern in den Fällen benutzt, in denen Wesentliches in allen drei Flächen gezeigt werden soll (187.5),

auch zur Darstellung von Getriebeschemen in der Feinmechanik, im Zählwerkbau (**188.1**) und anderen (**188.2**).

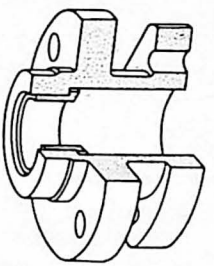
In den Bildern **188.3** und 4 sind die in DIN 5 genormte, dimetrische und die isometrische Darstellung eines Stopfbüchsengehäuses vergleichbar.



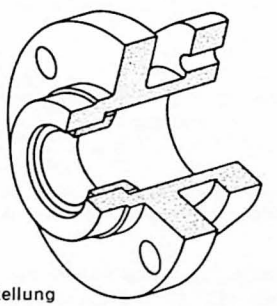
188.1 Teil eines Getriebeschemas



188.2 Trägerkreuzung



188.3 Dimetrische Darstellung



188.4 Isometrische Darstellung

12 Zeichnungsarten

12.01 Übersicht (Auszug aus DIN 199)

Zeichnungen werden nach Art der Darstellung, nach Art der Anfertigung, nach dem Inhalt und nach dem Zweck verschieden benannt.

Eine nicht unbedingt an Formen und Regeln gebundene, vorwiegend freihändig und flott gezeichnete Darstellung heißt Skizze. Hingegen ist eine Zeichnung, allgemein gesehen, eine möglichst maßstäbliche, in den notwendigen Ansichten und Schnitten wiedergegebene und mit sonstigen Angaben versehene Darstellung. Die nähere Bezeichnung geschieht durch einen Zusatz, z. B. Fundamentzeichnung. Ein Plan dient zur Veranschaulichung der Lage von Gebäuden, Maschinen u. a. oder zur Verdeutlichung der Funktionen zusammengehöriger Teile. Hierzu zählen der Lageplan, der Gleisplan, der Rohrplan, der Schaltplan u. a. Grafische Darstellungen verbildlichen durch Linien, Flächen oder räumlich wirkende Zeichnungen statistische Werte, veränderliche Größen, Betriebs- und Versuchsergebnisse, Kräftepläne und mehr.

Eine erstmalig entstandene, meist transparente Zeichnung, Skizze od. dgl. heißt Original. Eine Stammzeichnung ist eine Ausgangszeichnung für die verschiedensten Vervielfältigungsmöglichkeiten. Ein Original kann mithin eine Stammzeichnung sein und umgekehrt eine Stammzeichnung ein Original. Bleizeichnungen und Bleiskizzen sind mit dem Bleistift und Tuschezeichnungen und Tuscheskizzen in Tusche ausgeführt. Lichtpausen, fotografische Abzüge oder durch Drucken hergestellte Zeichnungen fallen unter den Sammelbegriff Vervielfältigungen.

Eine Teilzeichnung ist die Darstellung eines Teils oder mehrerer Teile auf einem Bogen. Sofern Schmiede-, Guß-, Preßstücke u. a., die noch weiter bearbeitet werden müssen, abgebildet sind, handelt es sich um Rohteilzeichnungen. Die Bezeichnung Fertigteilzeichnung soll nur gebraucht werden, wenn der Unterschied zur Rohteilzeichnung hervorgehoben werden muß. Ist eine Maschine, ein Bauwerk, ein Gerät, eine Anlage o. a. im zusammengebauten Zustande dargestellt, dann handelt es sich um eine Gesamtzeichnung. Besteht die Abbildung aus nur einer Gruppe des Ganzen, heißt sie Gruppenzeichnung oder, wenn unlösbar verbundene Teile dargestellt sind, Verbundgruppenzeichnung. Eine Gruppenteilzeichnung ist die Darstellung einer Gruppe und deren Einzelteile.

Eine Fertigungszeichnung ist eine Zeichnung mit allen verbindlichen Angaben für die Fertigung. Eine unverbindliche Zeichnung, gleichgültig was sie enthält, kann hingegen als Entwurfszeichnung gelten.

Patentzeichnungen dienen zur Anmeldung von Patenten und unterliegen in Darstellung und Ausführung amtlichen Vorschriften. Eine Zeichnung zur Anfertigung eines Druckstocks oder einer Druckplatte wird Druckstockzeichnung genannt. Angebotszeichnungen dienen zur Erläuterung einer Ausschreibung oder Abgabe eines Kostenanschlages. Eine Darstellung als verbindliche Grundlage einer Bestellung ist eine Bestellzeichnung. Ferner gibt es Lieferzeichnungen, Abnahmezeichnungen u. a. Genehmigungszeichnungen werden Anträgen zur Genehmigung einer bestimmten Konstruktion oder einer vorgeschriebenen Bauweise beigegeben.

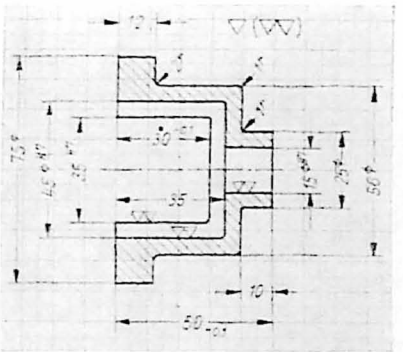
Oft dient eine Zeichnung mehreren Zwecken. So kann z. B. eine Lichtpause (Vervielfältigung) zugleich Entwurfs-, Angebots-, Bestell- oder Genehmigungszeichnung sein.

12.02 Skizzen

Ist ein zu Bruch gegangenes Teil einer Maschine zu ersetzen und eine Zeichnung davon nicht vorhanden, so wird zunächst eine Skizze angefertigt.

Es wird festgelegt, wieviel und welche Ansichten und Schnitte erforderlich sind, damit die Gestalt des Werkstücks auch vollkommen erfaßt ist. Für die Hülse (**190.1**) z. B. ist nur die Vorderansicht im Schnitt nötig.

Die Abmessungen werden abgeschätzt. Ohne Verwendung des Zirkels, der Zeichendreiecke und anderer Geräte wird das Werkstück vorwiegend freihändig mit weichem Bleistift meist auf Millimeterpapier gezeichnet, denn dessen Feldteilungen erleichtern das Auftragen.

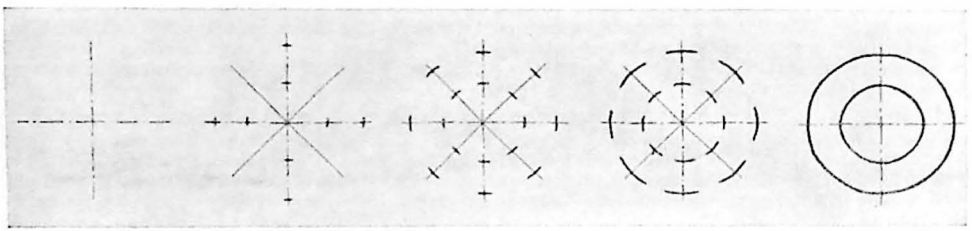


190.1 Hülse St 37 (Skizze)

Skizzen sollten möglichst maßstäblich, wenn auch in beliebigem Maßstab, gezeichnet werden und die Proportionen des Werkstücks einigermaßen richtig zeigen.

Immer sind zuerst die Mittellinien zu ziehen und bei hohlen Werkstücken die Formen von innen nach außen in feinen Linien zu entwickeln. Die Abmessungen werden dabei geschätzt. Dann wird nachgezogen und bemaßt. Jetzt erst wird gemessen. Mit Schublehre, Stabmaß, Mikrometerschraube, Tiefenmaß u. a. werden die Abmessungen am Werkstück abgenommen und durch Maßzahlen in der Skizze festgehalten. Schließlich werden Toleranzen und Oberflächenzeichen eingetragen und Schraffuren gezogen.

Macht das freihändige Zeichnen der Kreise anfänglich Schwierigkeiten, dann wird der Halbmesser auf einem Papierstreifen festgelegt und vom Kreismittelpunkt aus nach mehreren Seiten abgetragen (**190.**2). Durch die Markierungspunkte werden kurze Bogen gezogen und zu dem gewünschten Kreise vereinigt.



190.2 Entstehung eines freihändig zu ziehenden Kreises

12.03 Tusche- und Bleizeichnungen

Die Skizze wird nach einem der genormten Zeichnungsmaßstäbe auf den Bogen übertragen.

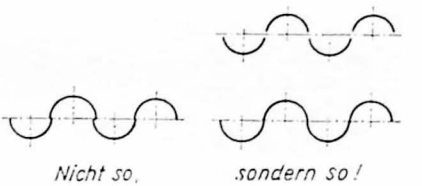
Hierbei stellt sich von selbst heraus, ob alle Maße in der Skizze enthalten sind; denn die Zeichenarbeit stockt, wenn ein Maß fehlt.

Tuschezeichnungen

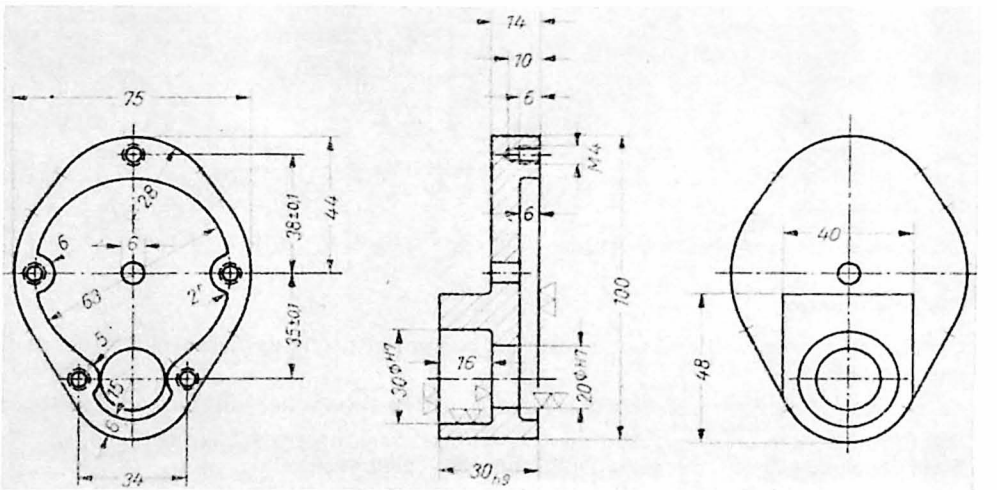
Ist auf Klarpapier vorgezeichnet worden, wie es meist geschieht, dann kann die Tuschezeichnung auf demselben Bogen entstehen. Es kann auch ein Bogen transparentes Papier über den Zeichnungsentwurf gespannt und darauf ausgezogen werden.

Zuerst werden die Mittellinien und danach alle Kreise und Bogen einer Strichdicke nachgezogen (**191.**2). Übergangsstellen von Bogen in andere Bogen oder in gerade Linien werden zweckmäßig mit einem weichen Bleistift markiert. Ist der einwandfreie Übergang mehrerer aneinandergereihter Kreisbogen nicht ohne weiteres möglich, so sind die Zirkelschläge kurz vor den Übergangspunkten zu unterbrechen und die Lücken durch gerade Linien auszufüllen (**191.**1). Dann sind alle waagerechten Linien mit der Zeichenschiene, oben links auf dem Zeichenblatt beginnend, zu ziehen. Nun folgen die senkrechten Linien, die, wenn damit gearbeitet wird, nur an dem auf der Zeichenschiene aufgesetzten Zeichendreieck nachgezogen werden. Die Zeichenschiene soll wo nur immer möglich verwendet werden. Dann werden die

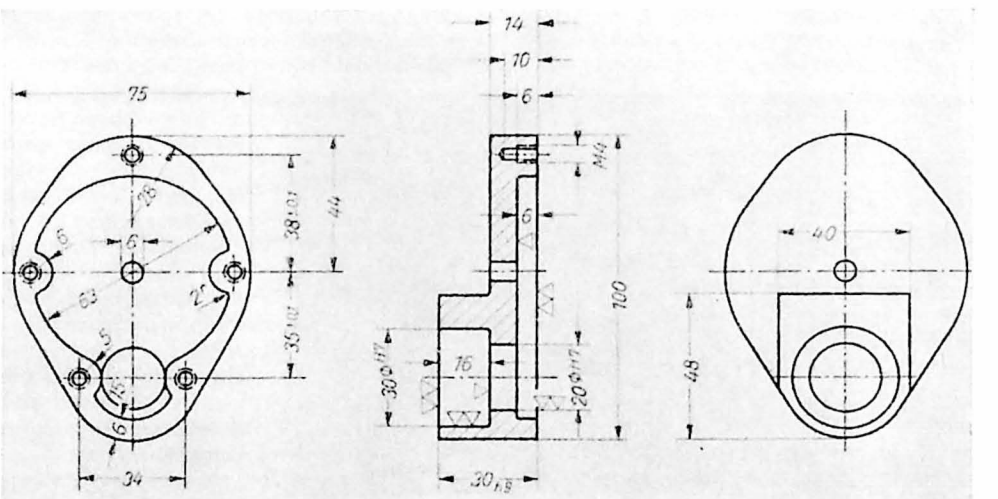
schrägen Linien ausgezogen (**191.3**). Nach den sichtbaren und verdeckten Körperkanten folgen nacheinander Maß- und Maßhilfslinien, Maßpfeile, Maßzahlen, Oberflächenzeichen und sonstige Angaben (**192.1**). Zum Schluß erst wird schraffiert und das Schriftfeld ausgefüllt.



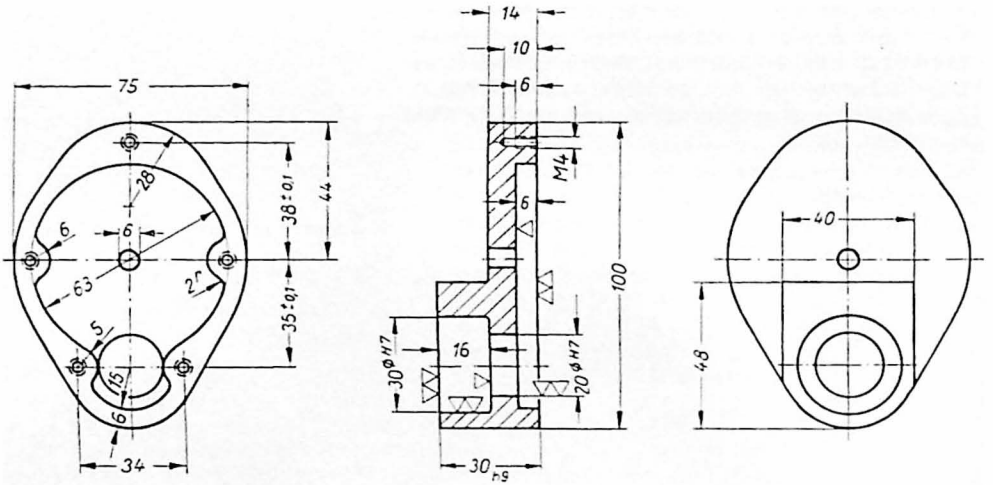
191.1
Ausziehen von Kreisbogenübergängen



191.2 Ausgezogene Mittellinien und Kreise



191.3 Ausgezogene Körperkanten



192.1 Ausgezogene und bemaßte Darstellung

Bleizeichnungen

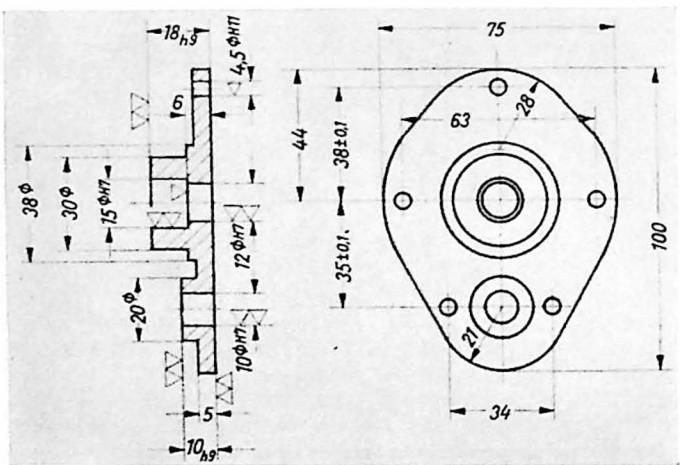
Um Zeit zu sparen, werden Zeichnungen auf Klarpapier häufig nur mit dem Bleistift nachgezogen (**192.2**).

Es ist zweckmäßig, Kreise, Maßpfeile, Maßzahlen und die Beschriftung in Tusche auszuführen.

Die Bleistiftstriche müssen scharf umrissen, tiefschwarz, unverwischbar sein und, von der Seite gesehen, glänzen. Sonst ist die Zeichnung nicht lichtpausfähig.

Auch in Bleizeichnungen sind die Liniendicken deutlich abzustufen (s. S. 57). Schraffiert wird zweckmäßig auf der Rückseite des Bogens, damit die feinen Striche auf den Lichtpausen recht deutlich erscheinen.

Sind Arbeitsgänge an einem Werkstück in Verbindung mit Arbeitsgängen an einem anderen, dazugehörigen Werkstück empfehlenswert, wie es das gemeinsame Bohren der fünf Gewindekernlöcher des Gehäuses (**192.1**) mit den fünf, auf den gleichen Durchmesser zunächst vorzubohrenden Durchgangslöchern im Deckel (**192.2**) und der anderen Löcher durchaus sein könnte, so sind Vermerke wie in Bild **195.1**, Teil 2, nötig, wenn der gemeinsame Arbeitsgang anderswo, z.B. auf der Arbeitskarte, nicht vermerkt ist oder Bohrvorrichtungen nicht vorgesehen sind.



192.2 Bleizeichnung

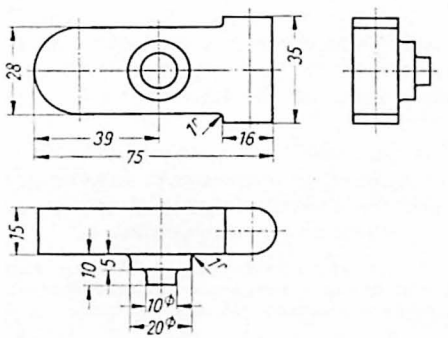
12.04 Teilzeichnungen

Rohteilzeichnungen geben Gestalt, Abmessungen und Werkstoff der unbearbeiteten Guß-, Preß- oder Schmiedestücke an (**193.**1).

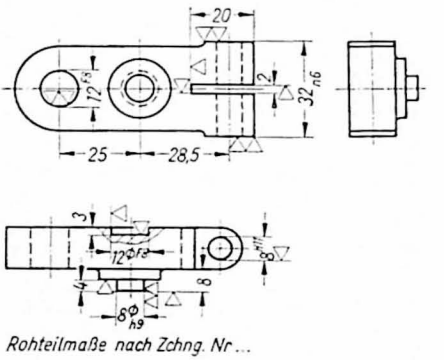
Rohteilzeichnungen können unter Umständen auch dem Modelltischler zur Anfertigung der einzuformenden Modelle oder dem Stahlformenbauer zur Herstellung der Formen in die Hand gegeben werden; häufig aber sind hierfür besondere Zeichnungen erforderlich.

Fertigteilzeichnungen sind Darstellungen bearbeiteter Werkstücke und geben Aufschluß über die Gestalt der einbaufähigen Einzelteile, über ihre Abmessungen einschließlich der einzuhaltenden Toleranzen, die Beschaffenheit der Oberflächen und den Werkstoff, aus dem sie herzustellen sind (**197.**1).

Die Rohteilzeichnung trägt gewöhnlich die gleiche Nummer und Benennung wie die Fertigteilzeichnung, außerdem hinter der Werkstückbezeichnung in Klammern einen entsprechenden Vermerk, z. B. „Rohteil", „Preßteil", usw. (Bild **60.**2, lfd. Nr 2).



193.1 Rohteilzeichnung (Hebel aus Ms 58)



193.2 Fertigteilzeichnung (Hebel aus Ms 58)

In die Fertigteilzeichnung werden, sofern eine Rohteilzeichnung vorhanden ist, bisweilen nur die für die Bearbeitung am Rohteil notwendigen Maße eingesetzt. Empfehlenswert ist dann ein Vermerk, daß die fehlenden Maße in der Rohteilzeichnung enthalten sind (**193.**2).

An Stelle einer Rohteilzeichnung kann die Zugabe des zur Bearbeitung erforderlichen Werkstoffs in einfach gelagerten Fällen durch strichpunktierte Linien in der Fertigteilzeichnung angegeben werden (**73.**5).

12.05 Gesamtzeichnungen

Der Zusammenbau der Werkstücke zu einem Gerät oder zu einer Maschine wird in Gesamtzeichnungen, früher Zusammenstellungszeichnungen genannt, zum Ausdruck gebracht. Es kommt darin besonders auf die Anordnung der Teile, auf ihre Abhängigkeit voneinander und auf das gegenseitige Zusammenwirken an und nicht unbedingt auf die Wiedergabe aller Einzelheiten der Werkstücke; denn diese sind aus den Teilzeichnungen zu entnehmen.

Die Zeichnung des Lagerbocks (**195.**1) enthält eine solche Gesamtzeichnung, außerdem aber auch die Darstellung der Teile. Gesamtdarstellung und Einzelteile können aber auch auf je einem anderen Bogen gezeichnet werden. In der Gesamtzeichnung erhält jedes Werkstück eine nicht umrandete, laufende Teilnummer in doppelter Größe der Maßzahl, mindestens aber von 5 mm Höhe. Diese Teilnummern, deren Reihenfolge möglichst dem Zusammenbau entsprechen soll, stehen übersichtlich in oder besser neben der Darstel-

lung in Leserichtung waagerecht oder/und senkrecht oder in Richtung der Uhrzeigerbewegung. Sie stehen außerdem in der Spalte „Lfd. Nr" der Stückliste. Die Bezugslinien nach den Teilnummern sind dünn wie Maßlinien und geradlinig so zu ziehen, daß sie nicht mit benachbarten Linien verwechselt werden können und nicht stören. Das in der Darstellung liegende Ende des Bezugsstriches kann einen Punkt in Tusche erhalten, wenn dadurch Mißverständnisse ausgeschlossen werden. Gesamtzeichnungen enthalten meist einige Hauptmaße, und, wenn nötig, auch Angaben für Zusammenbau und Wirkungsweise der Teile.

Das Verfahren, die Gesamtzeichnung und die Teilzeichnungen auf einem oder getrennt auf zwei Bogen unterzubringen, kommt besonders im Vorrichtungsbau in Betracht.

Gehören aber viele Werkstücke zu einem Ganzen (**196.1**), wird für jedes Werkstück eine besondere Zeichnung angefertigt (**197.1** und **198.1**). Eine besondere Stückliste ist aufzustellen, wenn sie in der Gesamtzeichnung nicht untergebracht werden kann.

Für genormte Teile, wie Schrauben, Muttern, Scheiben, Splinte, sind Teilzeichnungen meist nicht erforderlich, da diese Teile sich am Lager befinden oder von auswärts bezogen, im eigenen Betriebe also nicht nach Zeichnung hergestellt werden. Die Aufnahme der genormten Bezeichnungen in die Stückliste genügt.

Der Zusammenhang aller Zeichnungen untereinander bleibt durch Eintragen der auf den Teilzeichnungen eingeschriebenen Werkstücksnummern in die Stückliste gewahrt. In Mappen oder Heftern werden die Lichtpausen aller Zeichnungen des Geräts wohlgeordnet vereinigt und geschlossen oder einzeln ausgegeben.

Bestehen Schwierigkeiten, eine Gesamtdarstellung mit sehr vielen Teilen auf einem Zeichenbogen unterzubringen, dann werden die Werkstücke zunächst gruppenweise in sogenannten Gruppenzeichnungen zusammengefaßt, während die Gesamtzeichnung dann nur die Anordnung und Wirksamkeit der einzelnen Gruppen untereinander zu zeigen hat.

Die Aufteilung einer Gesamtzeichnung in Gruppenzeichnungen hat die Reihenfolge der Arbeiten beim Zusammenbau zu berücksichtigen. Eine Gruppenzeichnung stellt eine in sich abgeschlossene Montageeinheit dar und kann daher schon notwendig sein, wenn zwei Teile miteinander zu vernieten sind.

Die Gruppe erhält eine eigene, laufende Nummer, die mit der Benennung und der Zeichnungsnummer in die Stückliste der Gesamtzeichnung aufzunehmen ist.

Soll sich in einer Gesamtzeichnung ein Werkstück hervorheben, so wird es mit kräftigeren Strichen gezeichnet. Teile, die nicht zu der Darstellung unmittelbar gehören, wie der [-Stahl in der Seitenansicht der Lochvorrichtung (**196.1**), werden strichpunktiert gezeichnet.

Übungen

1. Es ist die Gesamtzeichnung einer Spannvorrichtung aus den Einzelteilen (**199.1**) im Maßstab 1 : 1 auf DIN A 3 in Vorderansicht (Schnitt) und Draufsicht anzufertigen.

   Nachdem die Führungsbacke (2) mit Stiften (3) und Schrauben (4) auf der Grundplatte (1) befestigt und der Stift (7) von oben in die Gleitbacke (5) getrieben worden ist, wird diese in die Führungsbacke (2) geschoben. Dann wird der Hebel (6) auf die Gleitbacke (5) so gelegt, daß der noch vorstehende Stift (7) im Schlitz des Hebels (6) liegt. Schließlich wird die Schraube (8) durch das Loch des Hebels (6) und durch das Langloch der Gleitbacke (5) gesteckt und in der Grundplatte (1) festgeschraubt.

   Welche Teile sind Normteile und könnten von auswärts bezogen werden, und welche Teile müssen demgemäß im eigenen Betrieb hergestellt werden?

   Was wird durch das Schwenken des Hebels (6) bewirkt, und um wieviel Grad ist er schwenkbar?

   Welche Flächen gleiten bei der Bewegung des Hebels (6) aufeinander, und wo treten Spannungen in den Teilen auf?

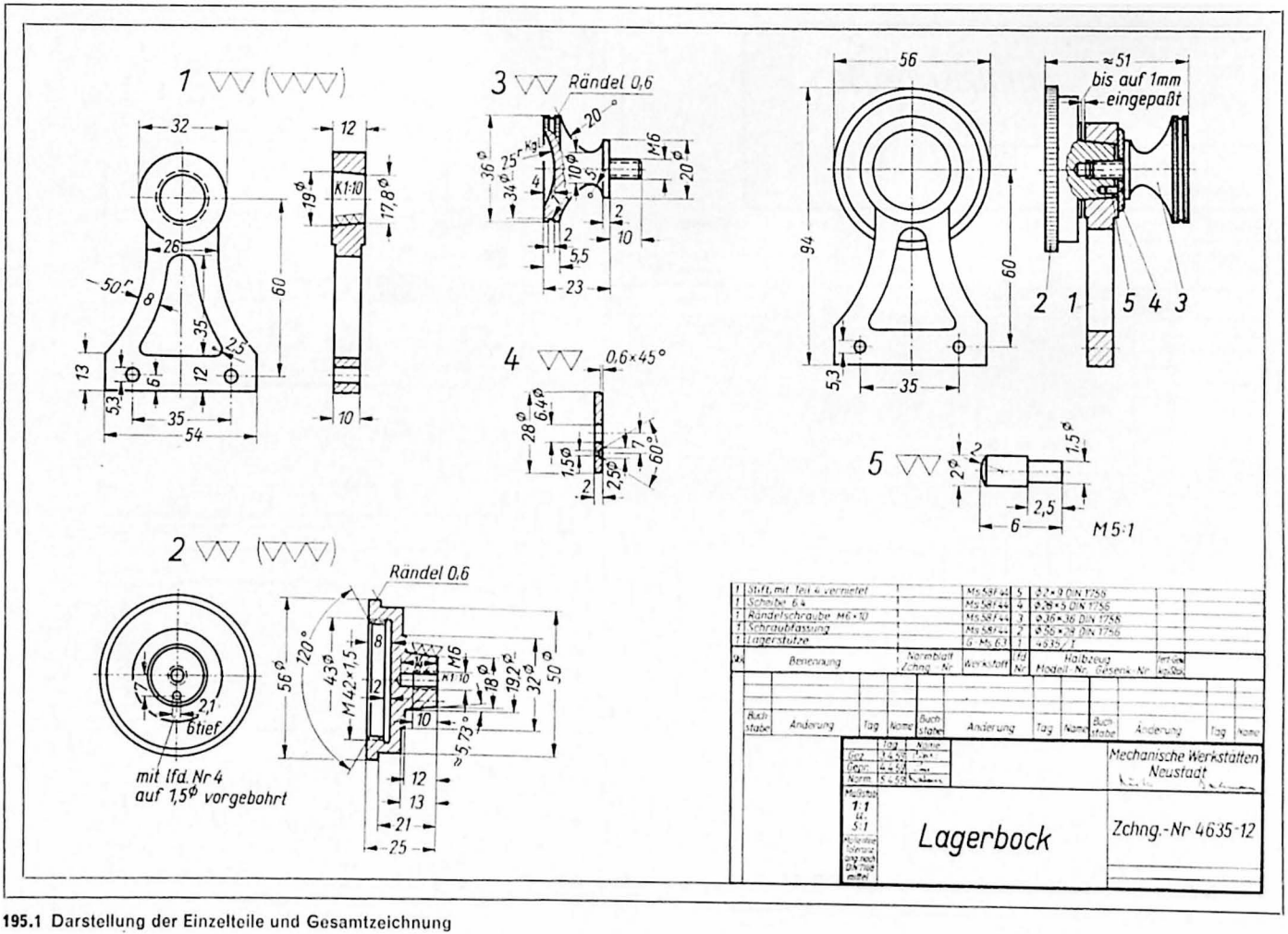
   Für welche Arbeiten und auf welchen Maschinen ist die Vorrichtung verwendbar?

   Welchen Zweck haben die 15 mm breiten Schlitze und die 125 mm lange Leiste unter der Grundplatte (1)?

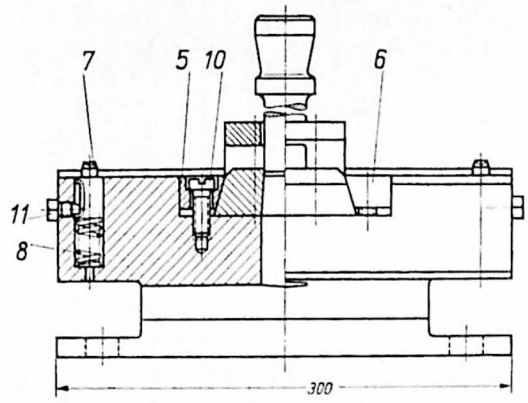
   Für welche Durchmesserbereiche ist die Vorrichtung beim Spannen runder Werkstücke geeignet?

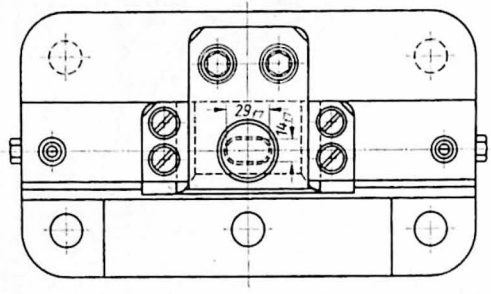
   Wieviel Arbeitsstunden werden zur Herstellung der Vorrichtung nötig sein? Schätze den Herstellungspreis.

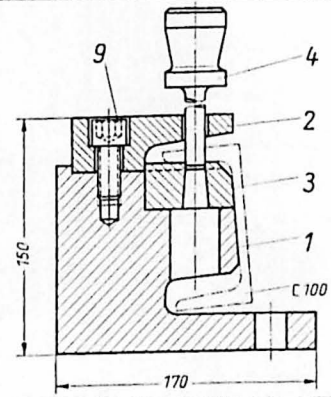
2. Fertige von den Einzelteilen der Gesamtzeichnungen (**200.1** und **201.1**) normgerechte Werkzeichnungen an.



195.1 Darstellung der Einzelteile und Gesamtzeichnung







2	Sechskantschraube m Zapf M10×15	5030/9		11	aus M10×20 DIN 561-8G			
4	Zylinderschraube M 12×30	DIN 84	5S	10				
2	Innensechskantschraube M16×35	DIN 912	8G	9				
2	Druckfeder	5030/8	Federst.-Draht IV	8	Φ2×300 DIN 2076			
2	Bolzen	5030/7	C15 gehärt.	7	Φ18×43 DIN 175			
1	Leiste	5030/6	St 60	6	▭ 32×20×55 DIN 1017			
1	Leiste	5030/5	St 60	5	▭ 32×20×55 DIN 1017			
1	Stempel	5030/4	50 Cr V4	4	Φ42×115 DIN 1013			
1	Matrize	5030/3	50 Cr V4	3	▭ 100×60×35 DIN 1017			
1	Abstreifer	5030/2	St 60	2	▭ 90×40×110 DIN 1017			
1	Vorrichtungskorper	5030/1	St 42	1	▭ 180×130×310			
Stck	Benennung	Normblatt Zchng.-Nr	Werkstoff	Lfd Nr	Halbzeug Modell-Nr, Gesenk-Nr	Verf.Gew. kg/Stck		

Buch-stabe	Änderung	Tag	Name	Buch-stabe	Änderung	Tag	Name	Buch-stabe	Änderung	Tag	Name

	Tag	Name
Gez	3.59	
Gepr	4.59	
Norm.	5.59	

Gutehoffnungshütte Oberhausen

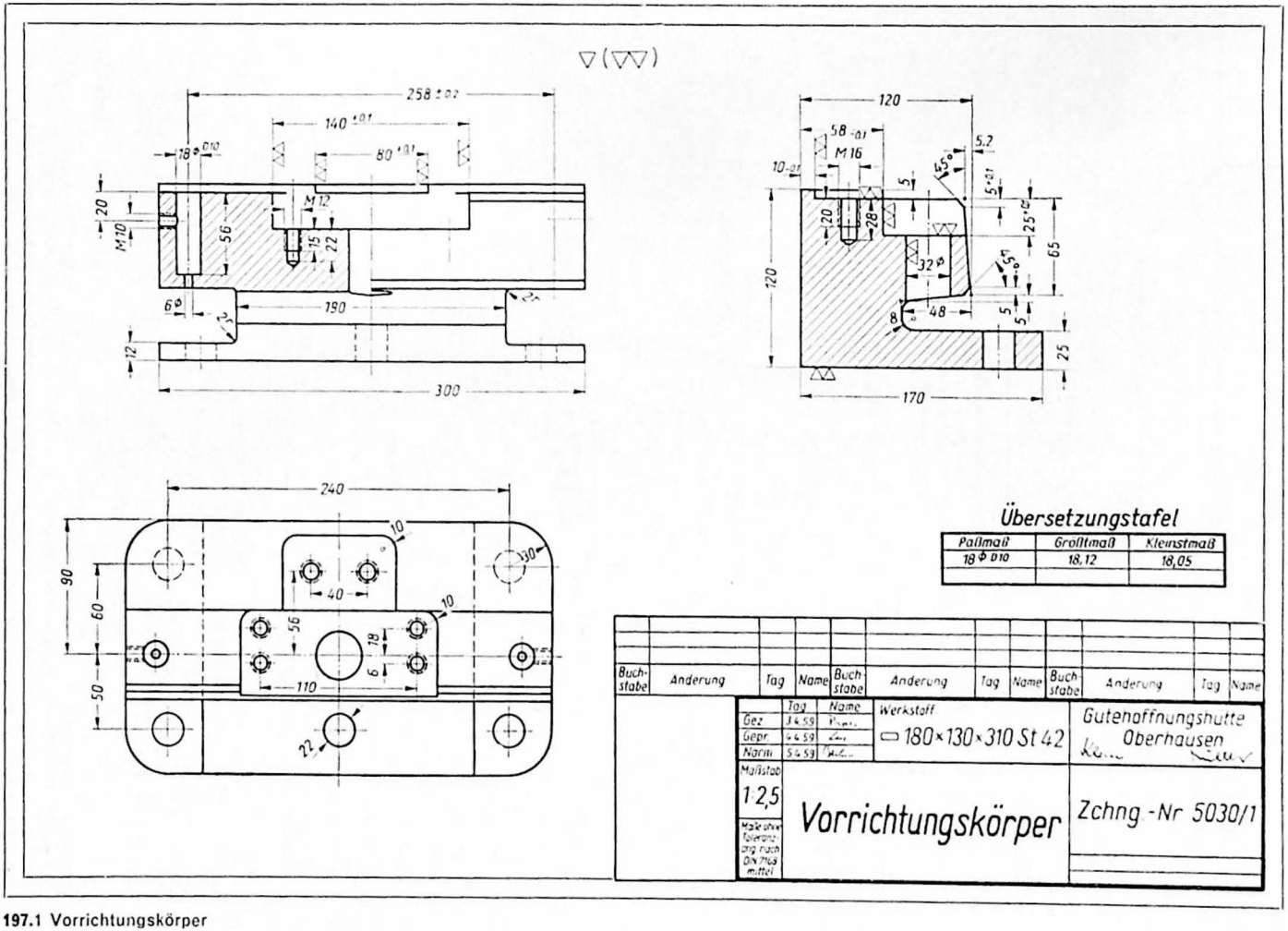
Maßstab 1:2,5

Allgemeintoleranz nach DIN 7168 mittel

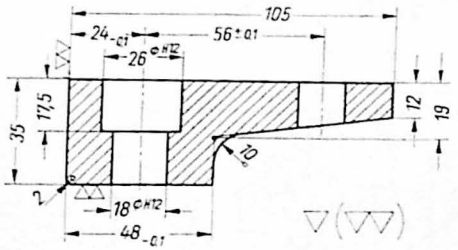
Lochvorrichtung

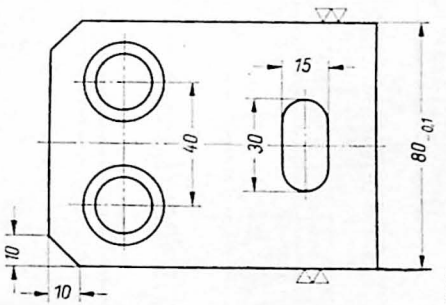
Zchng.-Nr 5030

196.1 Gesamtzeichnung einer Lochvorrichtung

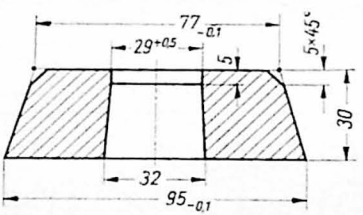


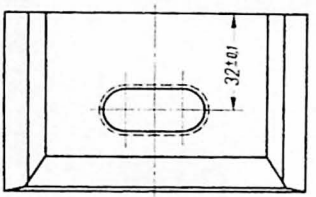
197.1 Vorrichtungskörper

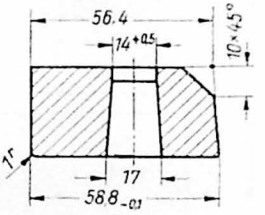




5030/2 Abstreifer M 1 : 1
Werkstoff: ▭ 90×40×110 DIN 1017 St 60

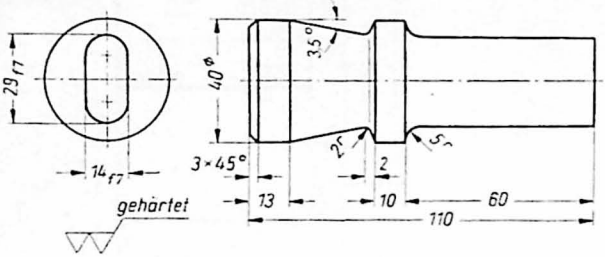




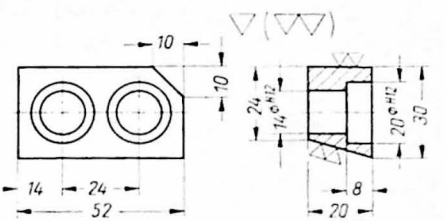


gehärtet

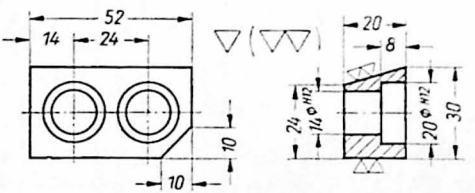
5030/3 Matrize M 1 : 1
Werkstoff: ▭ 100×60×35 DIN 1017 50 CrV4



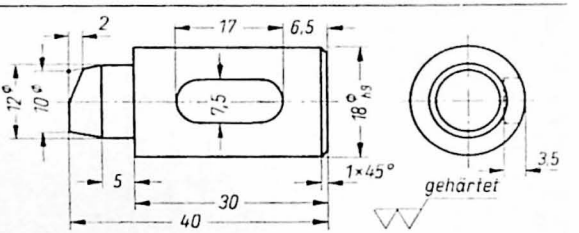
5030/4 Stempel M 1 : 1
Werkstoff: Φ 42×115 DIN 1013 50 CrV4



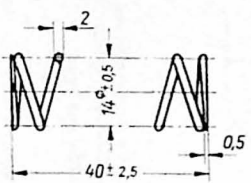
5030/5 Leiste M 1 : 1
Werkstoff: ▭ 32×20×55 DIN 1017 St 60



5030/6 Leiste M 1 : 1
Werkstoff: ▭ 32×20×55 DIN 1017 St 60

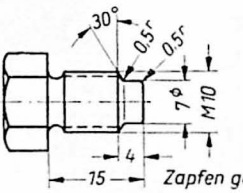


5030/7 Bolzen M 2 : 1
Werkstoff: Φ 18×43 DIN 175 C 15



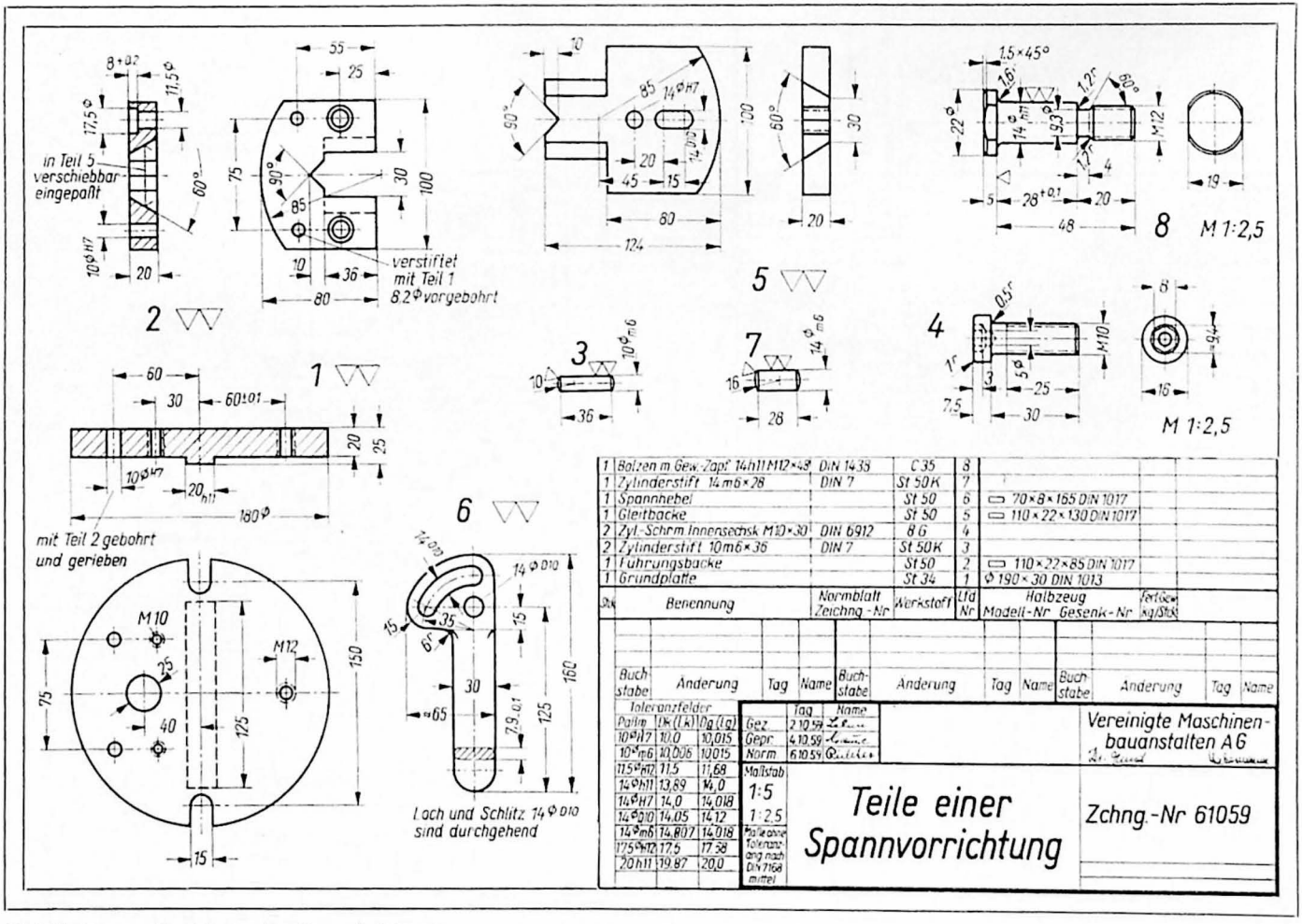
4½ federnde Windungen, dazu angebogen je Ende eine abgeschliffene Windung, insgesamt ≈ 6½ Windungen
Durchmesser der Bohrung zum Einstecken der Feder ≈ 18 mm
gestreckte Drahtlänge einschließlich Zugabe ≈ 300 mm

5030/8 Druckfeder M 2 : 1
Werkstoff: Φ 2×300 Federstahldraht IV DIN 2076

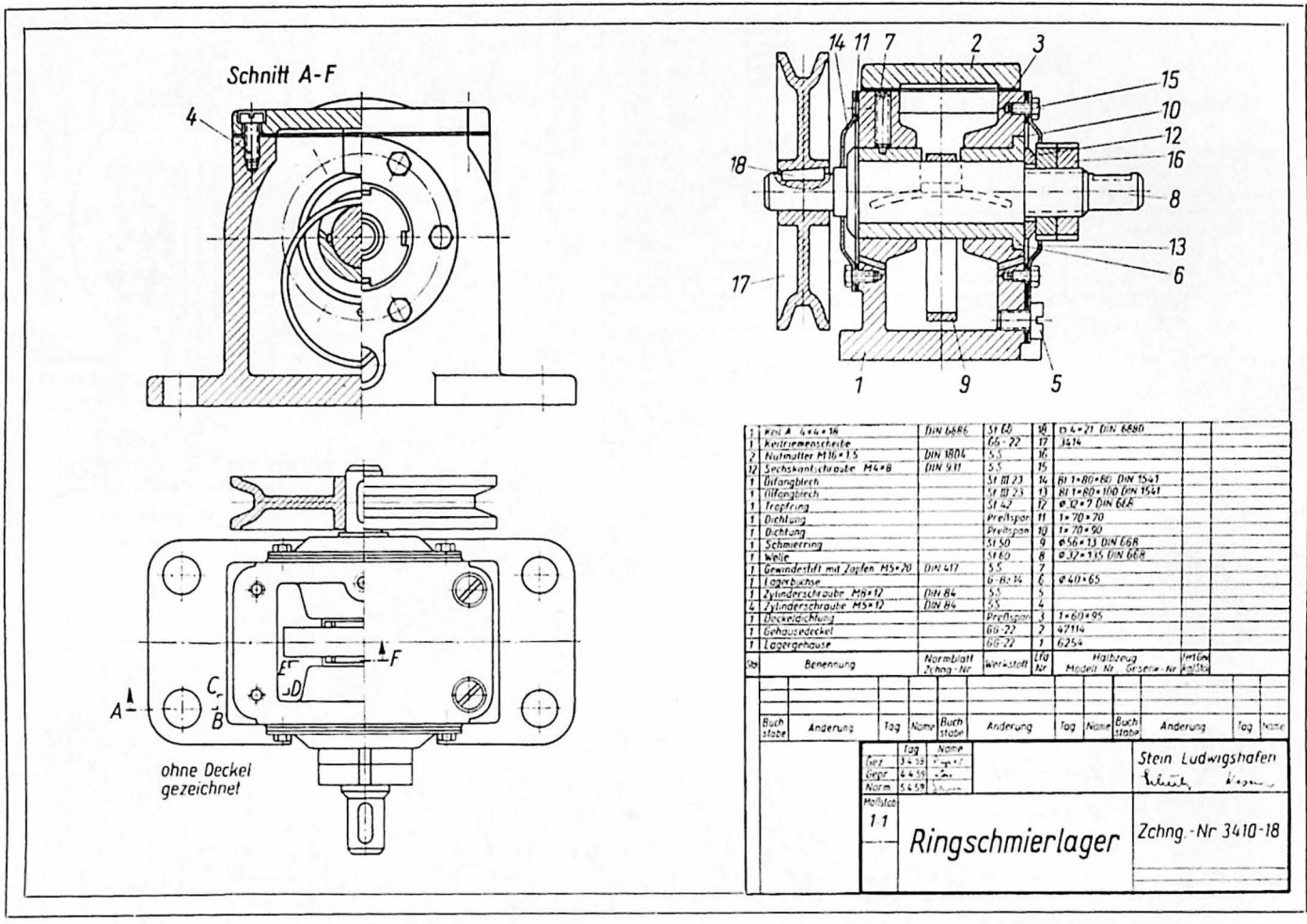


5030/9 Sechskantschraube M 2 : 1
aus M10×20 DIN 561—8 G

198.1 Weitere Einzelteile zur Lochvorrichtung nach Bild **196.1**



199.1 Vorlage zur Herstellung einer Gesamtzeichnung

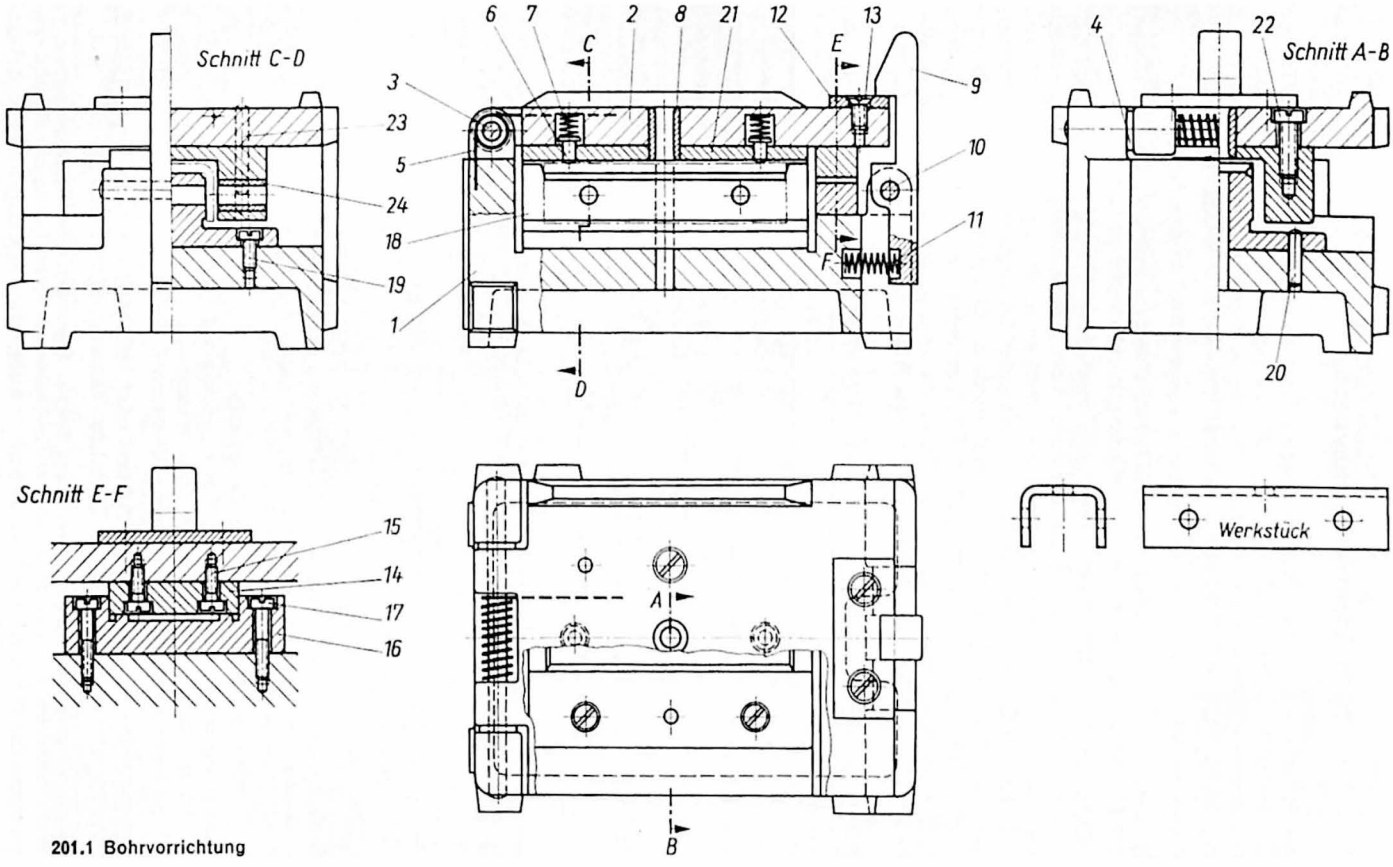


Stk	Benennung	Normblatt Zchng.-Nr	Werkstoff	Lfd Nr	Halbzeug Modell-Nr. Gesenk-Nr	Fert.Gew. kg/Stck
1	Keil A 4×4×18	DIN 6886	St 60	18	□ 4×21 DIN 6880	
1	Keilriemenscheibe		GG-22	17	3414	
2	Nutmutter M16×1,5	DIN 1804	S.S	16		
12	Sechskantschraube M4×8	DIN 931	S.S	15		
1	Ölfangblech		St III 23	14	Bl 1×80×80 DIN 1541	
1	Ölfangblech		St III 23	13	Bl 1×80×100 DIN 1541	
1	Tropfring		St 42	12	⌀ 32×7 DIN 668	
1	Dichtung		Preßspan	11	1×70×70	
1	Dichtung		Preßspan	10	1×70×90	
1	Schmierring		St 50	9	⌀ 56×13 DIN 668	
1	Welle		St 60	8	⌀ 32×135 DIN 668	
1	Gewindestift mit Zapfen M5×20	DIN 417	S.S	7		
1	Lagerbuchse		G-Bz 14	6	⌀ 40×65	
1	Zylinderschraube M8×12	DIN 84	S.S	5		
4	Zylinderschraube M5×12	DIN 84	S.S	4		
1	Deckeldichtung		Preßspan	3	1×60×95	
1	Gehäusedeckel		GG-22	2	47114	
1	Lagergehäuse		GG-22	1	6254	

Buchstabe	Änderung	Tag	Name	Buchstabe	Änderung	Tag	Name	Buchstabe	Änderung	Tag	Name

	Tag	Name
Gez.	3.4.59	[illegible]
Gepr.	4.4.59	[illegible]
Norm	5.4.59	[illegible]

200.1 Gesamtzeichnung eines Ringschmierlagers



201.1 Bohrvorrichtung

12.06 Stahlbauzeichnungen

Werkstoffe. Neben den üblichen Walzwerkerzeugnissen stehen für Sonderzwecke im Stahlbau zahlreiche andere bereit. Dazu gehören Hespen- und Winkelwulstprofile, Kranschienen, Riffelbleche, Warzenbleche, gelochte Bleche, Wellbleche, Profile für Stahlfenster u. a. Sie sind weitgehend genormt und in den Walzlisten der Werke verzeichnet.

Kurzzeichen für Stabstahl, Formstahl, Bleche u. a. sind in DIN 1353 genormt.

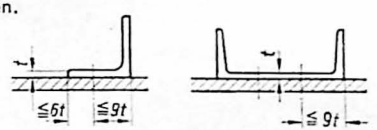
Es werden Halbrundniete nach DIN 124 (**120.**2) verwendet, Senkniete nach DIN 302 (**120.**3), jedoch nur dann, wenn der Nietkopf nicht vorstehen darf.

Paßschrauben (DIN 7968) haben einen gedrehten Schaft, der das Loch gut ausfüllt. In Löchern von ⌀ 20 bis 30 mm soll das Spiel nicht größer als 0,3 mm sein. Paßschrauben und Niete können gemeinsam im gleichen Anschluß verwendet werden, nicht aber rohe Schrauben (DIN 7990) und Niete zugleich. Bei tragenden Schraubverbindungen müssen Scheiben nach DIN 7989 unter die Muttern gelegt werden. Für schräge Anlageflächen sind keilförmige Scheiben nach DIN 434 und 435 (**87.**4) zu verwenden. Muttern und auch Schrauben an nicht vorwiegend ruhend belasteten Bauteilen sind gegen Lockerwerden gewöhnlich durch Federringe (**116.**3), Sicherungsmuttern (**115.**4) und Splinte (**126.**5) zu sichern.

Rand- und Lochabstände von Nieten und Schrauben sind in DIN 1050 festgelegt.

Randabstände				Lochabstände			
kleinster Randabstand	1	in Kraftrichtung	2 d	kleinste Lochabstände	1	allgemein	3 d
	2	senkrecht zur Kraftrichtung	1,5 d	größte Lochabstände	2	Kraftniete und -schrauben, auch für belastete Belagbleche, Heftniete und Schrauben in Druckstäben und Stegaussteifungen	8 d oder 15 t
größter Randabstand	3	in beiden Richtungen	3 d oder 6 t		3	Heftniete und -schrauben in Zugstäben	12 d oder 25 t

Zu 3: Bei Stab- und Formstählen darf am versteiften Rand 9 t statt 6 t genommen werden, wie die Bilder zeigen.



Zu 3: Diese Lochabstände sind auch bei Hals- und Kopfnieten und -schrauben in den Gurten der Blechträger außerhalb der Stoßteile und bei gering beanspruchten Kraftnieten und -schrauben maßgebend.

Es bedeuten d = Lochdurchmesser und t = Dicke des dünnsten, außenliegenden Teils.

Abgesehen von untergeordneten Bauteilen, wie leichte Vergitterungen, Geländer u. a., sind für jeden Anschluß mindestens 2 Niete oder Schrauben vorzusehen.

Die Anreißmaße (**203.**1) sind genormt. Es enthalten

DIN 997 Wurzelmaße für T-Stähle, I-Stähle, [-Stähle und ⌐-Stähle

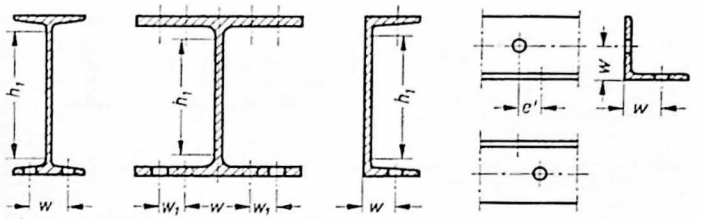
DIN 998 Nietabstände für ungleichschenklige Winkelstähle

DIN 999 Nietabstände für gleichschenklige Winkelstähle

Niete und Schrauben werden in Stahlkonstruktionszeichnungen durch die für die einzelnen Durchmesser vorgeschriebenen Sinnbilder dargestellt (**203.**2 und 3).

Die fettgedruckten Größen werden bevorzugt. Bis zum Maßstab 1 : 5 liegen den Sinnbildern die Lochdurchmesser zugrunde, bei kleineren Maßstäben die Kopfdurchmesser. So hat das Sinnbild eines geschlagenen Nietes von 21 ⌀ (Kopf ≈ 35 ⌀) im Maßstab 1 : 5 mithin 21 : 5 ≈ 4,2 mm ⌀ und im Maßstab 1 : 10 mithin

35 : 10 = 3,5 mm$^{\Phi}$. Die Stellung der Sinnbilder muß auf die Stabachse bzw. auf die Rißlinie bezogen werden. Bei schrägliegenden Stäben richten sich „oben" und „unten" nach der Hauptblattlage (s. S. 27). Auf jeder Zeichnung sind die eingetragenen Sinnbilder an geeigneter Stelle zu erläutern (206.2). Soweit die Deutlichkeit nicht leidet, werden Sinnbilder nicht für alle Niete und Schrauben einer gleichartigen Reihe, sondern nur für die äußersten eingetragen. Kommen nur Niete eines Durchmessers mit beiderseitigen Halbrundköpfen vor, dann brauchen nur Achsenkreuze an Stelle der Sinnbilder gezeichnet zu werden.



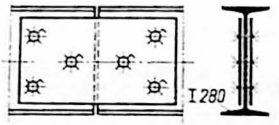
203.1 Beispiele von Anreißmaßen

Rohnietdurchmesser mm		8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36
Lochdurchmesser mm		8,4	11	13	15	17	19	21	23	25	28	31	34	37
beiderseits Halbrundköpfe														
Sinnbilder für Senkköpfe	*oben versenkt*													
	unten versenkt													
	beiderseits versenkt													
auf Baustelle zu schlagende Niete														
auf Baustelle zu bohrende Nietlocher														

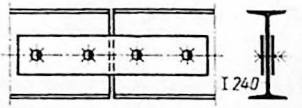
203.2 Sinnbilder für Niete nach DIN 407 Bl.1

Gewindedurchmesser	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	M 33	M 36
Schaftdurchmesser mm	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36
Kernquerschnitt mm²	31,9	50,9	74,3	102	141	171	220	276	317	419	509	636	745
Lochdurchmesser mm	8,4	11	13	15	17	19	21	23	25	28	31	34	37
Schrauben mit normalem Durchgangsloch													
Schrauben mit anderen Durchgangslöchern	*Kreis mit Angaben für Lochdurchmesser und Schraube z. B.* 26												
Gewindelöcher	*Doppelkreis mit Maßangabe z. B.* M24												
Schrauben mit versenktem Kopf	*M20 oben versenkt*								*M20 unten versenkt*				
auf Baustelle einzuziehende Schrauben													
auf Baustelle zu bohrende Schraubenlöcher													

203.3 Sinnbilder für Schrauben nach DIN 407 Bl. 1



204.1 I-Stahl-Längsverbindung durch Schrauben M20



204.2 Doppelwinkelzeichen

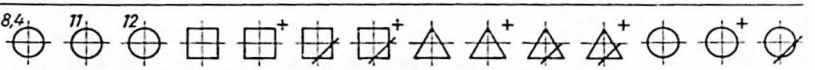
Ein Beispiel der Eintragung von Sinnbildern für Schrauben zeigt Bild **204.1**.

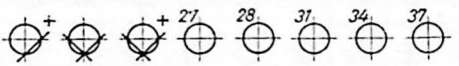
Die Klemmlänge bei Verschraubungen wird durch die Scheitel zweier 90°-Winkel verdeutlicht, wie in der Seitenansicht zu sehen ist.

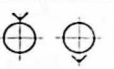
Die Mutterseite kann bei Bedarf durch ein Doppelwinkelzeichen angegeben werden (**204.2**), das in der Nähe des Schriftfeldes erläutert werden muß, z. B.

Mutterseiten sind durch Doppelwinkel gekennzeichnet.

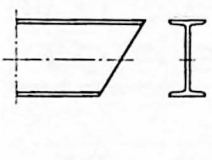
Sinnbilder für Naturgrößen. Zeichnungen im Maßstab 1 : 1 für die Fertigung im Stahlbau und zum Übertragen der Abmessungen auf die Bauteile, wie Stäbe, Knotenbleche u. a., heißen Naturgrößen. Die darin gebräuchlichen Sinnbilder für die Lochdurchmesser sind in DIN 407 Bl. 1 wie folgt genormt:

Lochdurchm.	8,4	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sinnbilder														

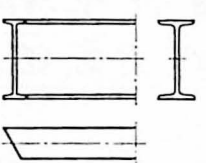
Lochdurchm.	24	25	26	27	28	31	34	37
Sinnbilder								

Senkung	oben	unten
Sinnbilder		

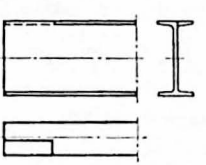
Trägerbearbeitungen. Schnitte, Ab- und Ausflanschungen und Ausklinkungen an Trägern zeigen die Bilder **204.3** bis 10.



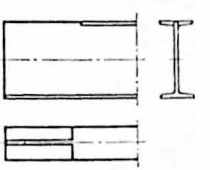
204.3 Schrägschnitt



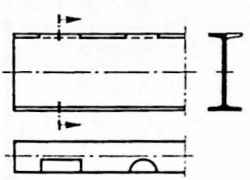
204.4 Gehrungsschnitt



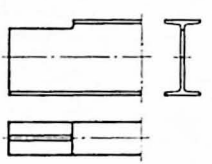
204.5 Einseitige Trägerabflanschung



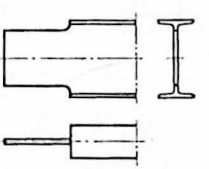
204.6 Beiderseitige Trägerabflanschung



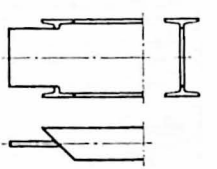
204.7 Ausflanschung



204.8 Einseitige Ausklinkung



204.9 Doppelte Ausklinkung

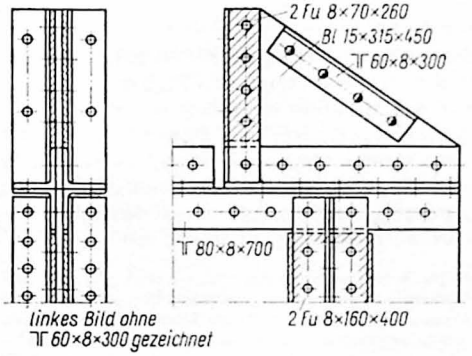


204.10 Doppelte Schrägklinkung

Darstellung von Einzelheiten. Eingepaßte Profile sind im Gegensatz zu nichteingepaßten bis an das betreffende Bauteil herangeführt (**205.1**).

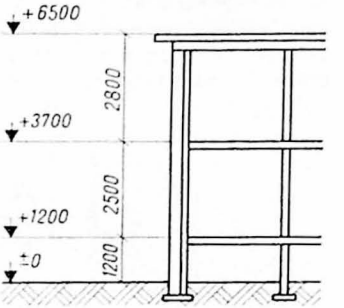
Futter sind Bleche zum Ausfüllen der Hohlräume (**205.1**) und werden durch ein vor das Kurzzeichen des Profils gesetztes „Fu" gekennzeichnet. Dann folgen Dicke und Breite und gegebenenfalls auch die Länge, z. B. Fu 8×100×250. Der Querschnitt eines Futters wird niemals geschwärzt, sondern immer schraffiert, auch dann, wenn es ungeschnitten dargestellt ist.

Vorgezogene Futter stehen seitlich über. Das nichtvorgezogene Futter steht nicht über. Es ist von Profilstäben verdeckt. Es wird, wenn es der Klarheit wegen zweckmäßig ist, auch dort schraffiert. An der Stelle eines Sinnbildes oder anderer Eintragungen in die Futterfläche wird die Schraffur unterbrochen. Bei großen Futterblechen genügt Randschraffur.



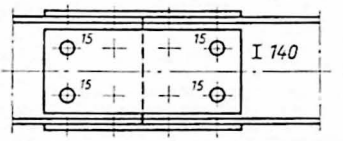
205.1 Darstellung der Profile und Futter

Höhenlagen werden durch geschwärzte Drelecke und Zahlen angegeben (**205.2**).

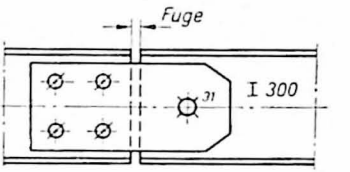


205.2 Angabe von Höhen

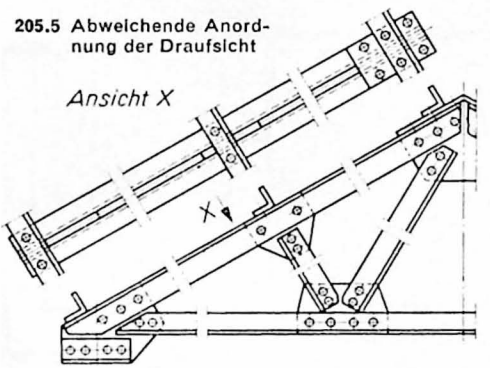
Bei Paßstößen berühren sich die zusammenstoßenden Querschnitte (**205.3**); beim normalen Stoß wird dies nicht verlangt. Der Fugenstoß (**205.4**) hat einen bestimmten Zwischenraum, der zu bemaßen ist.



205.3 Paßstoß (biegefester Stoß)



205.4 Fugenstoß (fester Gelenkstoß)



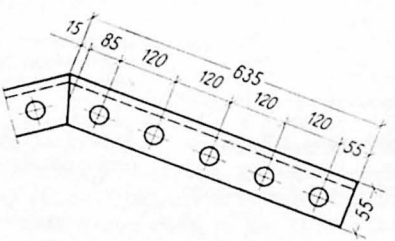
205.5 Abweichende Anordnung der Draufsicht

Besonderheiten. Von der üblichen Anordnung der Ansichten und Schnitte nach DIN 6 (s. S. 69) muß in Stahlbauzeichnungen häufiger als sonst abgewichen werden (**205.5**).

So wird z. B. die Draufsicht auf den Dachbinder nicht unter die Vorderansicht gesetzt, sondern der deutlicheren Darstellung und übersichtlichen Bemaßung wegen unverkürzt, somit schräg darüber gezeichnet.

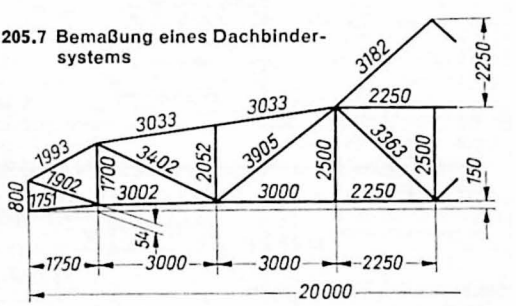
Die Enden der Maßlinien werden im Stahlbau gewöhnlich mit Schrägstrichen unter 45° (**205.6**), seltener mit Maßpfeilen versehen.

In Darstellung von Systemen werden Maß- und Maßhilfslinien fortgelassen und die Maßzahlen neben die Systemlinien geschrieben (**205.7**).



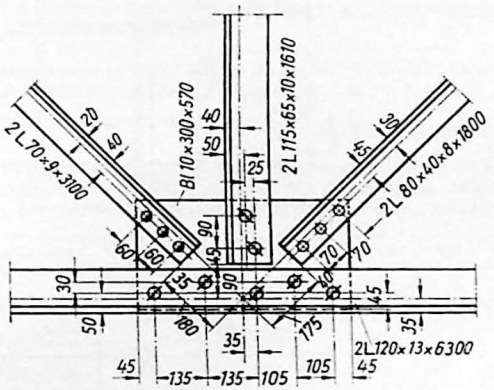
205.6 Schrägstriche anstelle der Maßpfeile

205.7 Bemaßung eines Dachbindersystems



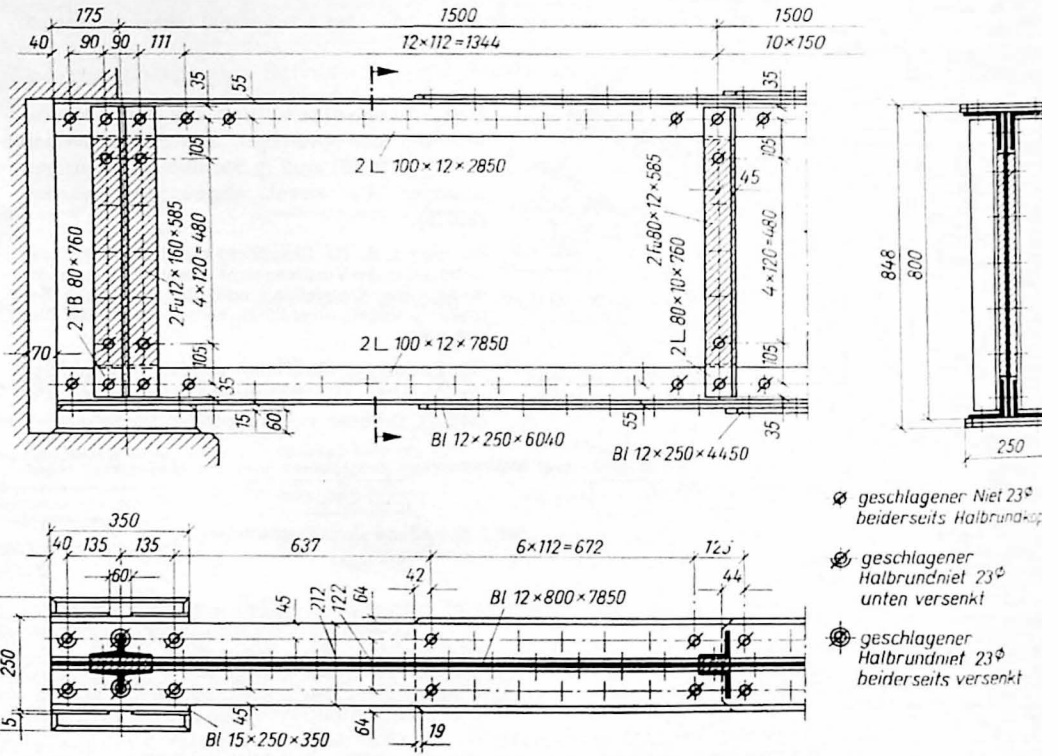
Zeichnungsbeispiele

Einen Knotenpunkt, in dem vier Stäbe miteinander verbunden sind, zeigt Bild **206.1**. Die Bezeichnungen der Profile werden in Stabrichtung auf oder meist neben den Stab geschrieben. Zwingende Gründe können aber auch eine andere Eintragung rechtfertigen. Werden die Maße herausgezogen, so wird die Zeichnung übersichtlicher. Bei Bedarf können die Maßzahlen aber auch ohne Maßlinien und Pfeile zwischen die zu bemaßenden Teile gesetzt werden. Irrtümer dürfen aber dadurch nicht möglich sein.



206.1 Knotenpunkt

Die Schwerachsen der Stäbe sollen sich mit den Systemlinien und mit den Nietrißlinien — oder bei zwei Nietreihen mit deren Mitte — decken. Bei symmetrischen Profilen, wie ⊏-Stählen und I-Stählen, kann diese Forderung ohne weiteres erfüllt werden, nicht aber bei Winkelstählen. Sie werden so angebracht, daß sich die Systemlinien mit den Schwerachsen (**206.1**) oder bei untergeordneten Stäben, in denen nur kleinere Kräfte auftreten, mit den Nietrißlinien decken.

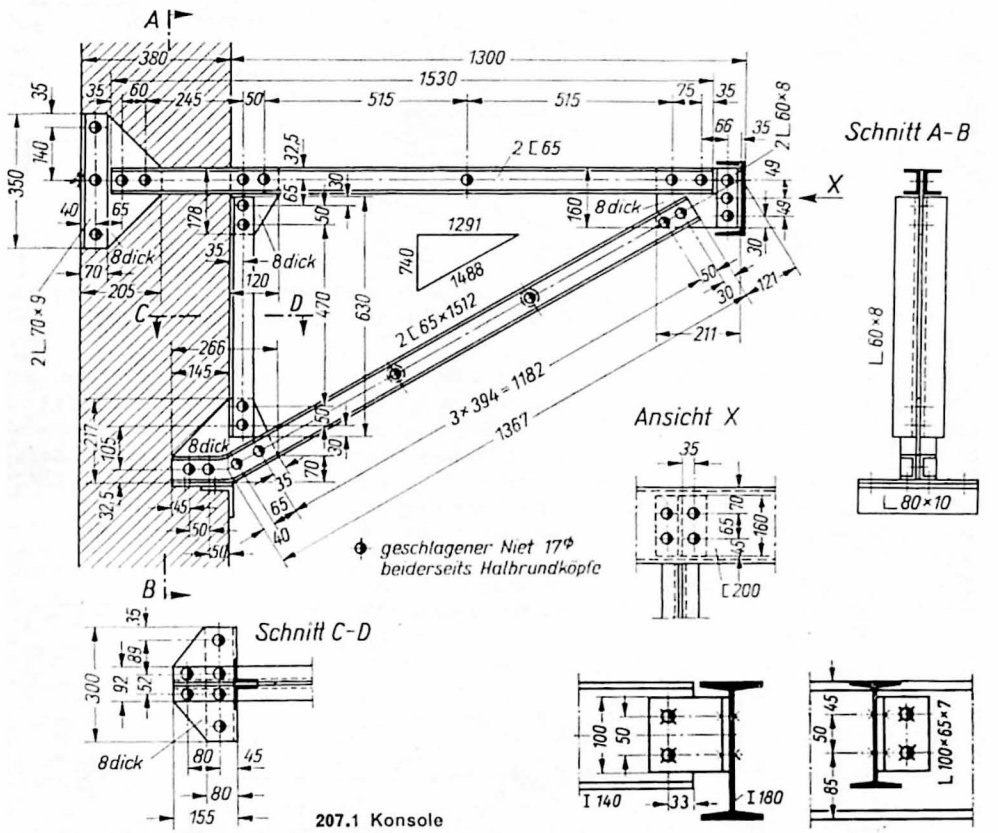


206.2 Teil eines Blechträgers

Der Träger in Bild **206.2** ist 800 hoch, 7850 lang und aus Blechen, Stab- und Formstählen zusammengesetzt. Wegen verhältnismäßig großer Belastung ist ein 12 dickes Stegblech gewählt worden, das zur Vermeidung des Ausknickens durch gleichschenkelige Winkelstähle L 80×10 und breitfüßige T-Stähle TB 80 unter Verwendung von Futterblechen ausgesteift ist. Der Feldabstand beträgt 1500. Die Gurtwinkel bestehen aus L 100×12 und die verschieden langen Platten für Ober- und Untergurt aus Blech 12×250. An beiden Trägerenden sind Auflageplatten 15×350×350 angenietet.

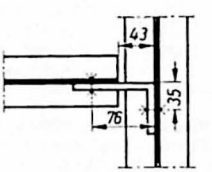
Blechträger können sowohl durch Schweißen als auch durch Nieten zusammengesetzt werden. DIN 4100 enthält Vorschriften über geschweißte Stahlhochbauten.

Konsolen wie in Bild **207.1** dienen zum Tragen von Mauervorsprüngen, z. B. Erkern. Die dargestellte Konstruktion besteht aus je 2 [65, die durch gleichschenklige Winkelstähle 60×8 und Knotenbleche zusammengesetzt und durch an Bleche genietete Winkel 70×9 und 80×10 im Mauerwerk verankert sind. Ein mehrere Konsolen verbindender [-Stahl 200 nimmt das vorkragende Mauerwerk auf.

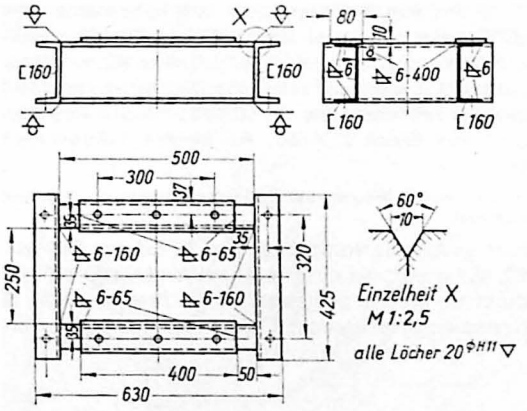


207.1 Konsole

Bild **207.2** zeigt den Anschluß eines Riegels aus I 140 an I 180, wie er im Stahlskelettbau üblich ist. Beide Träger sind in der Draufsicht ohne oberen Flansch dargestellt. Demgemäß sind die Stegflächen geschwärzt worden.



207.2 Trägeranschluß



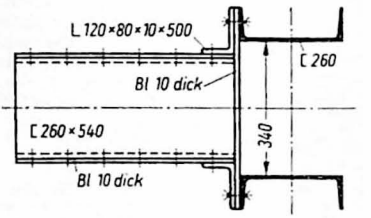
208.1 Bockrahmen

Es wurden insgesamt 22 Halbrundniete 27 verwendet. Das Wurzelmaß für [260 und für die kurzen Schenkel des Winkelstahls beträgt 50. Zeichne die Konsole in den üblichen drei Ansichten und trage alle für die Fertigung nötigen Angaben ein.

Einen geschweißten Rahmen zeigt Bild **208.1**, dem noch Schweißvermerke gemäß **133.1** zuzusetzen wären.

Übungen

Bild **208.2** zeigt die Draufsicht einer Konsole, die mit insgesamt 12 Sechskantschrauben M 24×60 Mu DIN 601 an zwei senkrechten [-Stählen ([260) angeschraubt ist. Dazwischen liegt ein Blech 10×500×520. An den beiderseits des waagerechten [260×540 angeordneten Blechen 10×500×540 ist die linke untere Ecke bis an die Winkelstähle abgeschnitten worden.



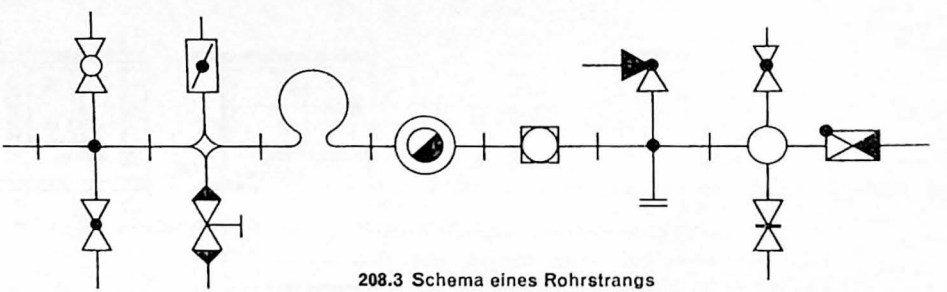
208.2 Draufsicht einer Konsole

12.07 Rohrpläne

Rohrpläne veranschaulichen den Verlauf von Gas- und Flüssigkeitsleitungen und die Anordnung der Absperrorgane und anderer Geräte, nicht aber Konstruktionseinzelheiten und untergeordnete Teile.

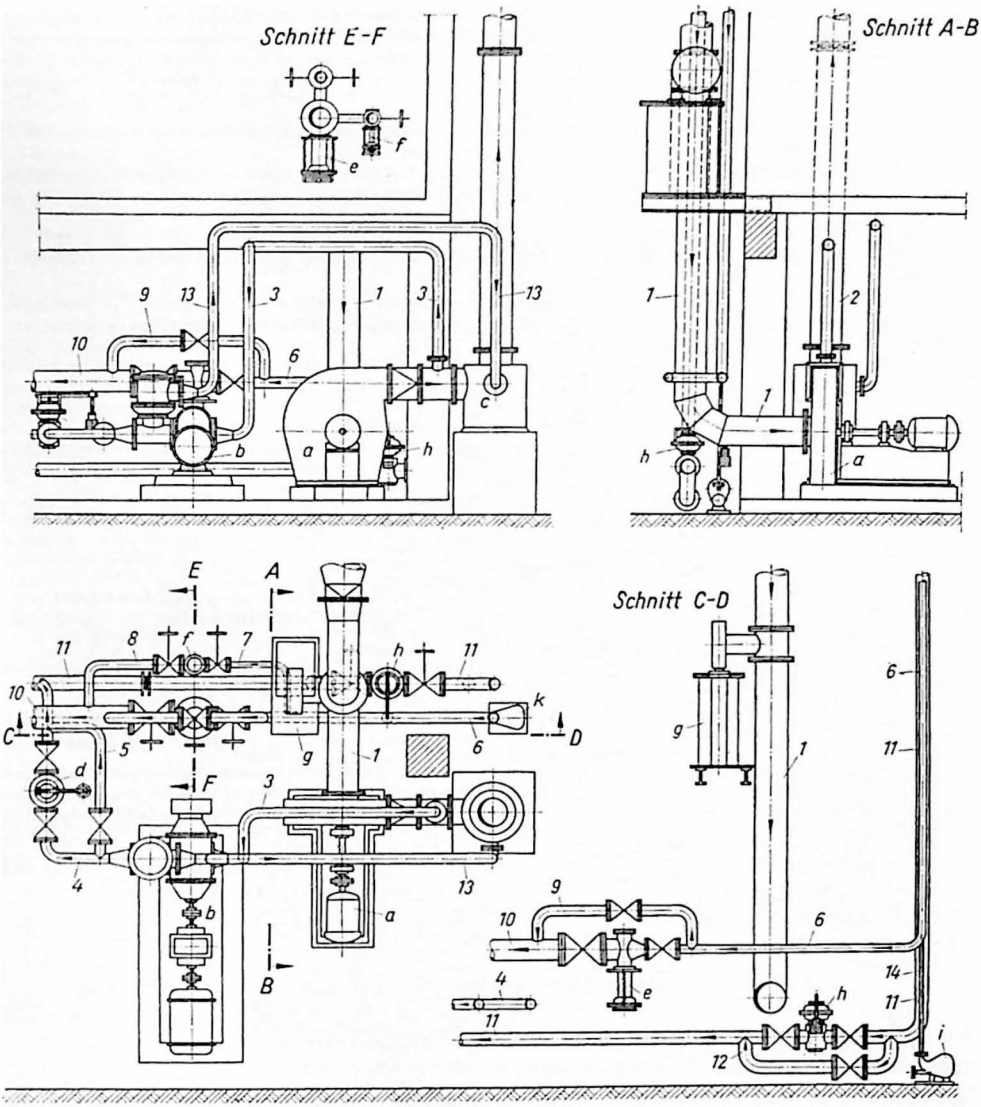
Auch größere Betriebsanlagen, die zudem aus Maschinen und Geräten mannigfacher Art bestehen, können auf einem Zeichenbogen nur als übersichtliche Darstellung der Teile und Zusammenhänge untergebracht werden. Das Ganze ist in den erforderlichen Ansichten und Schnitten unter Benutzung von Katalog- und Montagebildern und Andeutung von Gebäudeteilen maßstäblich und mit erklärenden Zusätzen darzustellen, wie das Gebläse in Bild **209.1**, das allerdings nur ein Ausschnitt aus einer Gaserzeugungsanlage ist. Solche Zeichnungen, denen gegebenenfalls Maße beigefügt werden können, dienen häufig Angebots- und Montagezwecken.

Eine Anlage, z.B. eine Rohrleitung, kann aber auch unter Verwendung eigens hierfür geschaffener Sinnbilder schematisch dargestellt werden (**208.3**).



208.3 Schema eines Rohrstrangs

Sinnbilder für Ventile, Schieber, Hähne, Klappen, Meßeinrichtungen, weiteres Zubehör und für Geräte der Heizungs- und Gesundheitsindustrie sind auf DIN 2429, für Formstücke, wie Rohrkrümmer, Rohrabzweige, Knierstücke, auf DIN 2430 Bl. 1 bis 4 und für Armaturen auf DIN 3400 genormt.

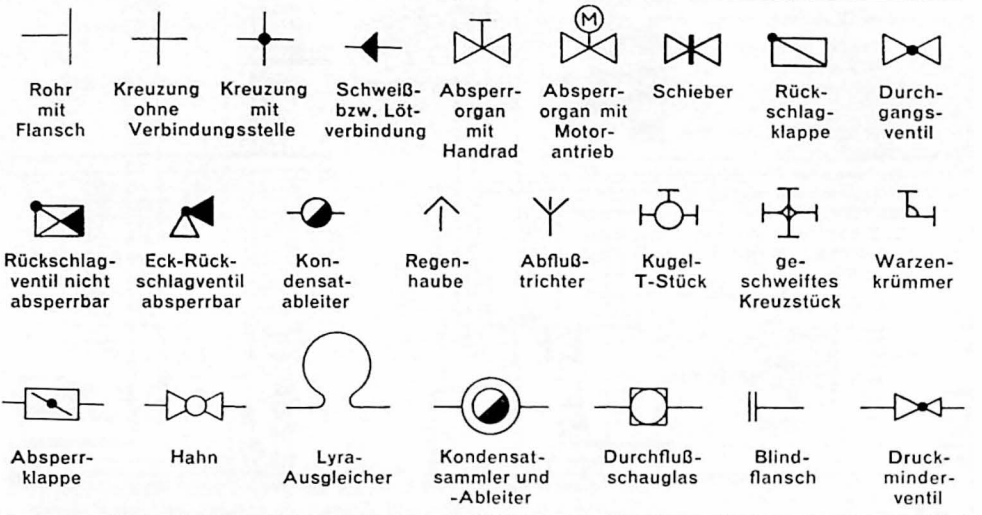


Geräte	a	Rohgasgebläse	d	Druckregler für Hilfsgas	g	Drosselklappenregler	
	b	Hilfsgasgebläse	e	Druckregler für Dampf	h	Druckregler für Sauerstoff	
	c	Rückschlagsicherung	f	Druckregler für Dampf	i	Kondenstopf NW 25	

Rohr-	1	Generatorgasleitung	NW 300	8	Frischdampfleitung	NW 65	
leitungen	2	Generatorgasleitung	NW 300	9	Umgangsleitung	NW 100	
	3	Hilfsgasleitung	NW 100	10	Frischdampfleitung	NW 200	
	4	Hilfsgasleitung	NW 100	11	Sauerstoffleitung	NW 125	
	5	Umgangsleitung	NW 100	12	Umgangsleitung	NW 125	
	6	Frischdampfleitung	NW 100	13	Hilfsgasrückleitung	NW 100	
	7	Frischdampfleitung	NW 32	14	Kondenswasserleitung	NW 25	

209.1 Generatorgebläse mit Rohrleitungen

Sinnbilder für Rohrleitungen (Auszug aus DIN 2429 und 2430)



Eine Übersicht über Rohre enthält DIN 2410, über Rohrleitungen DIN 2400. Druckstufen, Nenndruck u. a. sind in DIN 2401 und Nennweiten in DIN 2402 angegeben. Sinnbilder und Kurzzeichen für Flanschverbindungen in Druckleitungen sind in DIN 2815 festgelegt.

Zur besseren Unterscheidung können Rohrstränge für verschiedene Zwecke farbig ausgezogen oder mit Wasserfarben angelegt werden. Es gelten nach DIN 2403

grün	für Wasser	blau	für Luft	orange	für Säuren	braun	für Flüssigkeiten
rot	für Dampf	gelb	für Gase	violett	für Laugen	grau	für Vacuum

Dem Verwendungszweck gemäß sind Unterscheidungen durch hellere oder dunklere Tönungen der Farben vorzunehmen und durch eine Farbkarte auf den Zeichnungen zu erläutern. Bei der Erweiterung einer Rohrleitung kann der neue Teil der Anlage in dickeren Strichen dargestellt werden. Durchflußrichtungen sind durch Pfeile anzugeben. Für Heizungsrohrleitungen sind Kennfarben in DIN 2404 genormt.

Schematische Darstellungen sind weder maßstäblich noch geben sie die Anordnung der Teile im Raum an; aber sie sind sehr übersichtlich und werden gern als Vorlage für maßstäbliche Zeichnungen verwendet.

12.08 Schaltpläne (DIN 40719)

Die Wirkungsweise elektrischer Geräte, Anlagen, Leitungsnetze sowie Stromverlauf und Leitungsverbindungen werden in Schaltplänen durch Schalt- und Schaltkurzzeichen dargestellt.

Wirkungsweise und Stromverlauf gehen vorwiegend aus Übersichtsschaltplänen, Wirkschaltplänen und Stromlaufplänen hervor. Dagegen zeigen Installationspläne, Netzpläne, Leitungspläne, Bauschaltpläne und Anschlußpläne vorwiegend Leitungsverbindungen.

Welcher Plan für eine elektrische Einrichtung zu wählen ist, muß von Fall zu Fall entschieden werden; bisweilen sind zwei oder mehr Pläne erforderlich, aber auch Kombinationen untereinander möglich.

Für alle in den Schaltplänen enthaltenen Teile sind einheitliche und eindeutige Bezeichnungen vorgesehen. Näheres s. DIN 40719, s. auch Bild **214.1** und **215.1**. Sie sind allgemeiner Art oder beziehen sich auf technische Angaben oder auf Maschinen, Geräte und Anlagen.

Allgemeine Angaben dienen zur Kennzeichnung der Abzweige, Felder oder Zellen einer Anlage. So sind z. B. im unteren Teil in Bild **214.1** die Abzweige mit Werkstatt, Maschinenhaus usw. bezeichnet.

Die technischen Angaben beziehen sich auf Stromart, Frequenz, Spannung, Stromstärke u. a. für Maschinen, Transformatoren, Geräte, Leitungen und Kabel. Beispiele hierfür zeigt ebenfalls Bild **214.1**.

Die Kennzeichnung der Maschinen, Geräte und Anlagen erfolgt durch einen Kleinbuchstaben und einer dahinter stehenden Ordnungszahl, z. B. a 1. Die Zeichnung **215.1** enthält viele solcher Beispiele. Zur Festlegung der Zugehörigkeit zu Obergruppen und Gruppen können Großbuchstaben und Zahlen vorangesetzt werden, z. B. D 8 a 2.

12.081 Schaltzeichen für Starkstromanlagen

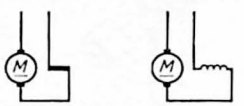
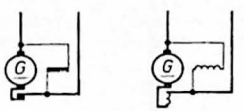
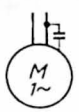
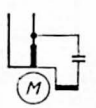
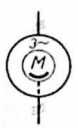
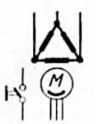
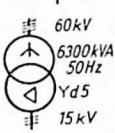
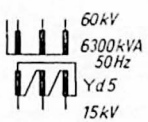
Schaltzeichen sind genormte, ein- oder mehrpolige Sinnbilder, die Art, Schaltung und Arbeitsweise der Maschinen, Geräte und Leitungen wiedergeben.

Schaltzeichen im engeren Sinne sind Darstellungen mit vereinfachter Innenschaltung, Schaltkurzzeichen hingegen Kurzdarstellungen ohne Innenschaltung (s. unten).

Es enthalten Schaltzeichen für

Elektrowärme, Elektrochemie und Elektrostatik DIN 40704 Bl. 1
Stromrichter DIN 40706
Meldegeräte (Empfänger) DIN 40708
Spannung, Strom, Schaltarten, Wechselspannungssysteme DIN 40710
Leitungen und Leitungsverbindungen DIN 40711
allgemeine Schaltungsglieder DIN 40712
Schaltgeräte DIN 40713 Bbl. 1 bis 3
Transformatoren und Drosselspulen DIN 40714 Bl. 1
Meßwandler DIN 40714 Bl. 2
Transduktoren DIN 40714 Bl. 3
Maschinen DIN 40715
Meßgeräte DIN 40716 Bl. 1
Meß-, Anzeige- und Registrierwerke DIN 40716 Bl. 5

Bedeutung der Schalt- und Schaltkurzzeichen (weitere Beispiele s. Bild **215.1**)

Schaltkurzzeichen je nach Bedarf ein- oder mehrpolig	Schaltzeichen | wahlweise	Benennung
		Gleichstrom-Reihenschlußmotor
		Gleichstrom-Nebenschlußgenerator, Wendepole einseitig zum Anker geschaltet
		Einphasen-Motor mit Käfigläufer und Anlaufwicklung im Ständer, mit Kondensator
		Drehstrom-Motor mit dreisträngigem Schleifringläufer, Kurzschließer und Bürstenabheber mit Handantrieb und Hilfsschalter, Ständerwicklung in Dreieckschaltung
		Drehstrom-Synchrongenerator, mit ausgeprägten Polen (Innenpolmaschine), Ständerwicklung in Dreieckschaltung
		Drehstrom-Transformator, Schaltung Y d 5 60/15 kV, mit Sternpunktklemme 6300 kVA, 50 Hz

12.082 Übersichtsschaltpläne

Übersichtsschaltpläne sind vereinfachte, meist einpolige Darstellungen der wesentlichen Teile, um Stromverlauf und Schaltmöglichkeiten zu zeigen (**214.**1).

Die 110 kV-Anlage des Kraft- und Umspannwerks ist mit **A** und den Feldnummern **1** bis **3** bezeichnet. Die 10 kV-Anlage trägt den Buchstaben **B**, die Felder sind mit **1** bis **5** numeriert. Die 380/220 V-Eigenbedarfs- und die 110 V-Gleichstromanlage sind mit dem Buchstaben **C** und die Felder mit den Zahlen **1** bis **5** versehen.

12.083 Wirkschaltpläne

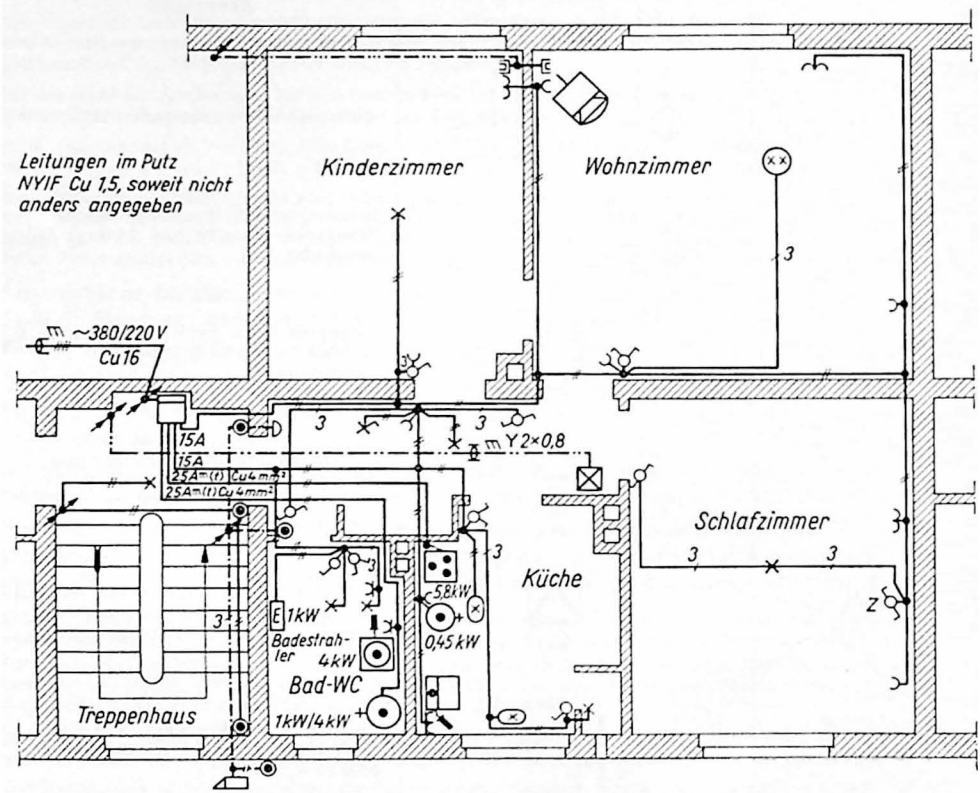
Wirkschaltpläne sind Darstellungen mit allen Leitungen und Einzelheiten ähnlich den Stromlaufplänen, doch werden die Teile von jedem Gerät zusammenhängend gezeichnet und die verschiedenen Geräte zu Anlagegruppen, Zellen oder Feldern vereinigt (**215.**1).

In den strichpunktiert umrissenen Flächen, also in der Zelle **B 1** und in den Feldern **E 4** und **D 5**, sind Teile gemeinsam und für Betrieb und Montage somit übersichtlich untergebracht.

12.084 Stromlaufpläne

Stromlaufpläne sind die nach Stromwegen und Schaltfolge aufgelösten Darstellungen komplizierter Schaltungen mit allen Leitungen und allen Einzelheiten und, wenn nötig, auch mit Klemmen und Lötstellen (Bildbeispiel s. DIN 40719 Beibl. 1).

Die räumliche Lage und der mechanische Zusammenhang der einzelnen Teile können außer acht bleiben, doch sind die Leitungen gradlinig und möglichst ohne Kreuzungen zu zeichnen.



12.1 Installationsplan für eine Obergeschoßwohnung

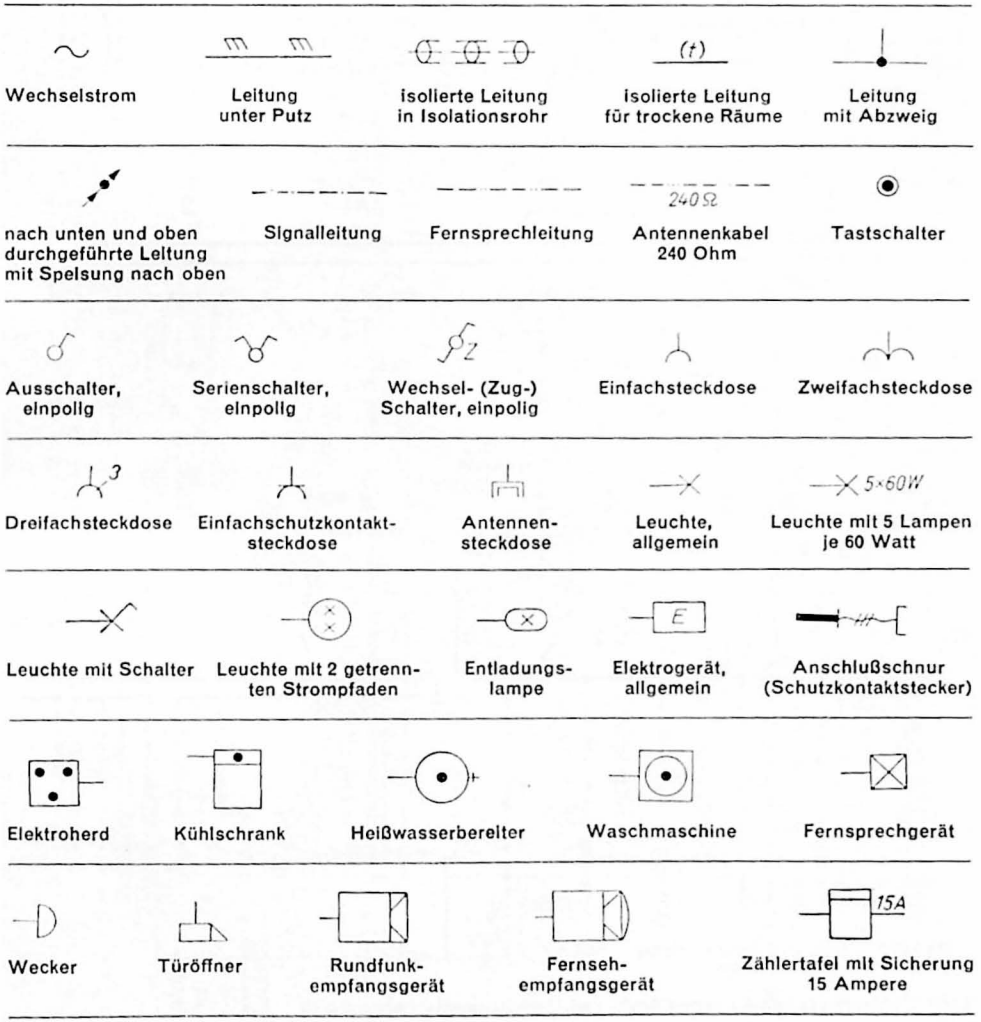
12.085 Installationspläne (DIN 40717)

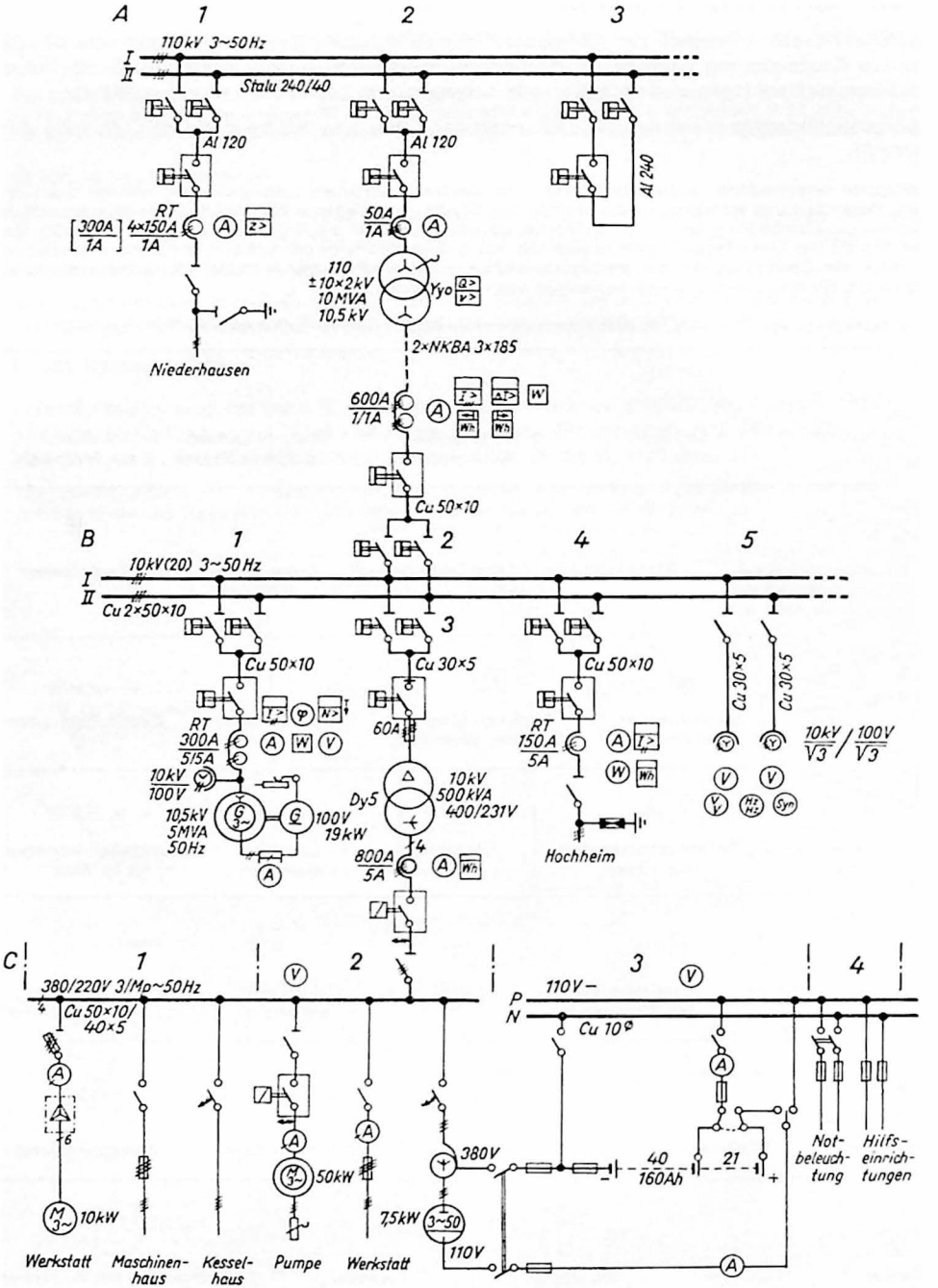
Installationspläne werden der Wirklichkeit gemäß in einen Gebäudegrundriß oder in eine andere Bauzeichnung eingetragen. Sie zeigen die Anordnung der Geräte für Licht-, Kraft- und Fernmeldeanlagen und enthalten alle Angaben zum Legen der Leitungen (**212.1**).

In Installationsplänen werden die Leitungen nach den einschlägigen Normen einpolig dargestellt.

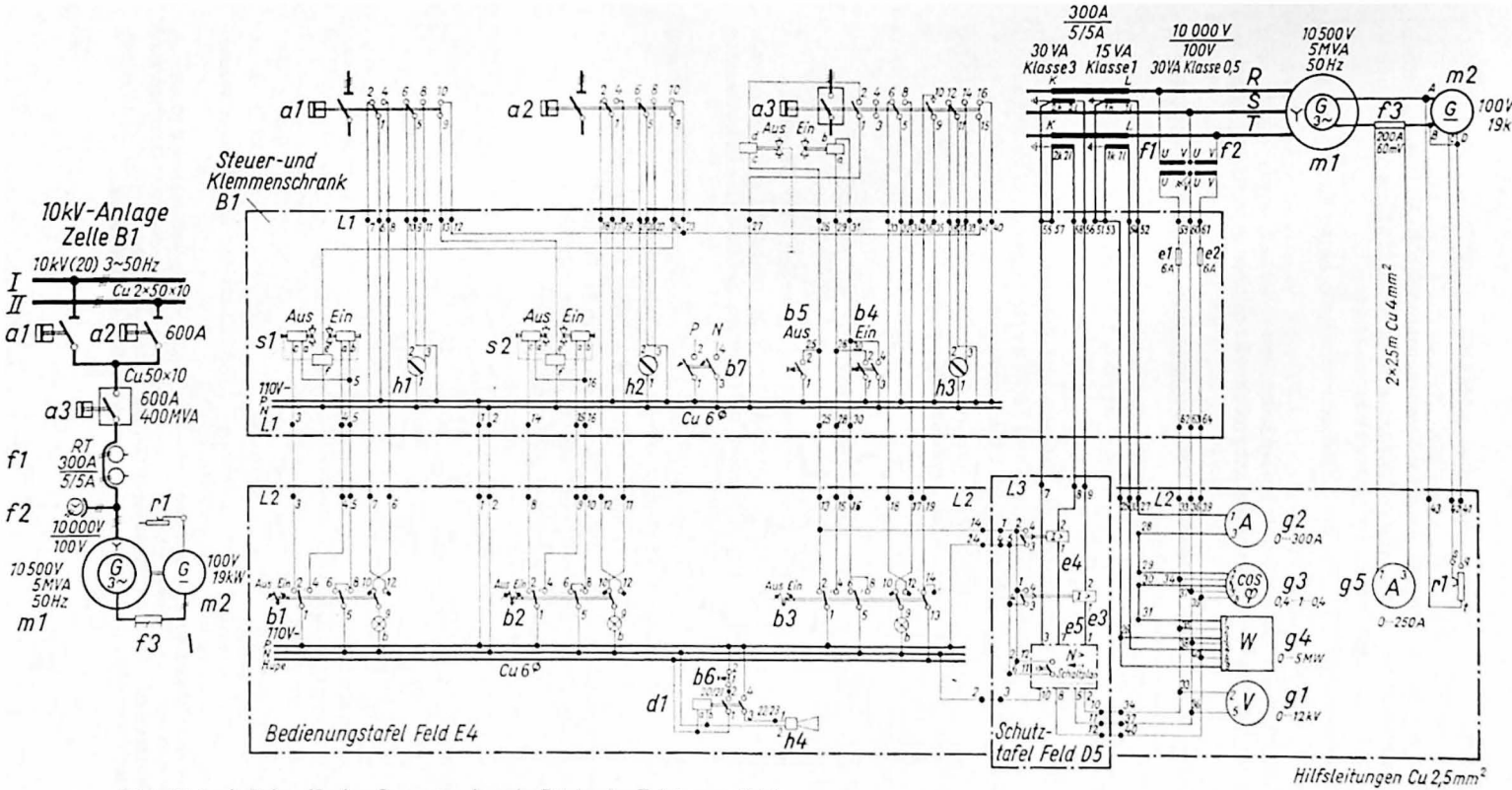
Leitungen verschiedener Art werden durch verschiedene Linienarten, Leitungen verschiedener Spannung oder Polarität durch verschiedene Strichdicke und Geräte verschiedener Wichtigkeit durch unterschiedliche Größen der Sinnbilder gekennzeichnet. Ferner werden angegeben die Anzahl der Leiter durch schräge und die Anzahl der Stromkreise durch senkrechte, kurze Querstriche in der Leitung, der Leitungsquerschnitt in mm², die Bauart, die Art der Verlegung und erforderlichenfalls der Werkstoff der Leitungen und die Stromart, die Spannung und gegebenenfalls auch die Frequenz.

Die Bedeutung der Sinnbilder in dem Installationsplan (**212.1**) ist aus nachstehender Tafel ersichtlich.





214.1 Übersichtsschaltplan eines Kraft- und Umspannwerks (Ausschnitt)



215.1 Wirkschaltplan für den Generatorabzweig B 1 in der Zeichnung **214.1**

- a 1,2 Trenner mit Druckluftantrieb
- a 3 Leistungsschalter mit Druckluftantrieb und Steuerventilen
- b 1,2 Steuerquittierschalter für Trenner
- b 3 Steuerquittierschalter für Leistungsschalter
- b 4 Tastschalter „Ein" für Leistungsschalter
- b 5 Tastschalter „Aus" für Leistungsschalter
- b 6 Tastschalter für Hupenabstellung
- b 7 Selbstschalter für Hilfsstromkreise
- d 1 Hilfsschütz für Hupe
- e 1,2 Sicherungen 6 A
- e 3,4 Überstromrelais
- e 5 Rückleistungsrelais
- f 1 Stromwandler
- f 2 Spannungswandler
- f 3 Nebenwiderstand für Strommesser
- g 1 Spannungsmesser
- g 2 Strommesser
- g 3 Leistungsfaktormesser
- g 4 Leistungsschreiber
- g 5 Strommesser für Erregung
- h 1,2,3 Zeigermelder
- H 4 Hupe
- m 1 Generator
- m 2 Erregermaschine zu m 1
- r 1 Feldsteller
- s 1, 2 Druckluft-Steuerventile mit Entriegelungsmagnet für Trenner

12.086 Weitere Pläne

Die Darstellung der Leitungen, Verbindungen oder Streckenführungen eines Leitungsnetzes oder Netzteile einschließlich der zugehörigen Anlagen erfolgt in Netzplänen, die auch in eine Landkarte oder in einen Stadtplan eingezeichnet werden können.

Leitungspläne enthalten Darstellungen der Leitungen innerhalb eines Geräts, zwischen Geräten oder Gerätegruppen einer Anlage.

Bauschaltpläne zeigen die Leitungen und Anschlußstellen innerhalb eines Geräts oder zwischen Geräten einer Gerätegruppe, die entsprechend der räumlichen Anordnung lagerichtig darzustellen sind.

Netzpläne sind Darstellungen der Leitungen, Verbindungen und Streckenführungen von Leitungsnetzen mit den dazugehörigen Anlagen.

12.087 Fernmeldeanlagen

Schaltzeichen und Pläne für Fernsprechanlagen, Gefahr- und Zeitmelder, Telegrafen-, Funksende- und Empfangsanlagen, Fernseh-, Fernmeß- und Fernsteueranlagen und Hochfrequenz-Übertragungseinrichtungen sind in DIN 40 700 Bl. 1 bis 9 genormt.

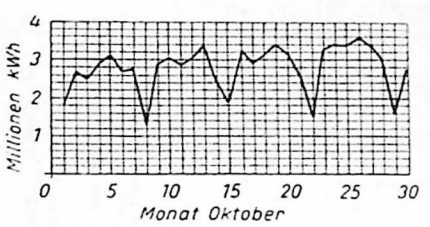
DIN 40 701 enthält Geräte- und Anlagenkurzzeichen zu den Schaltzeichen nach DIN 40 700 und DIN 40 719 Bbl. 2 Schaltpläne für Fernmeldegeräte und -anlagen.

12.09 Grafische Darstellungen (DIN 461)

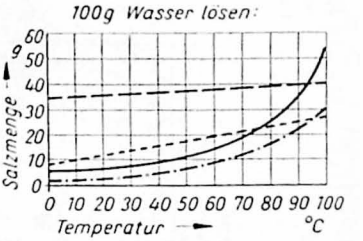
Grafische Darstellungen sind Schaubilder zum schnelleren Erkennen und Beurteilen von Zahlenergebnissen aus wissenschaftlichen Untersuchungen, technischen und wirtschaftlichen Vorgängen und von anderen erfahrungsgemäß gefundenen Größen. Die bekanntesten Schaubilder sind Linien- und Flächendiagramme.

Das Liniendiagramm tritt als Punktkoordinaten- oder als Polkoordinatensystem auf und drückt die Veränderung einer Größe in Abhängigkeit von einer zweiten aus.

Punktkoordinatendiagramm. Es schneiden sich die mit maßstäblichen Einteilungen versehenen Koordinatenachsen im Punkt 0 (**216.1**); die waagerechte heißt Abszissenachse und die senkrechte Ordinatenachse. Entsprechend den festgelegten Maßstäben werden die Zahlenwerte punktweise eingetragen und dann miteinander verbunden. Dadurch entsteht die Schaulinie.



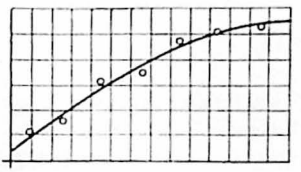
216.1 Stromerzeugung



216.2 Löslichkeit von Salzen in Wasser

Sind mehrere Schaulinien in einem Bilde unterzubringen, dann müssen sie sich durch verschiedene Stricharten, verschiedene Strichfarben oder auch Wortangaben voneinander unterscheiden (**216.2**).

——— $HgCl_2$ = Quecksilberchlorid (Sublimat)
— — — NaCl = Natriumchlorid (Kochsalz)
—·— H_3BO_3 = Borsäure
---- K_2SO_4 = Kaliumsulfat



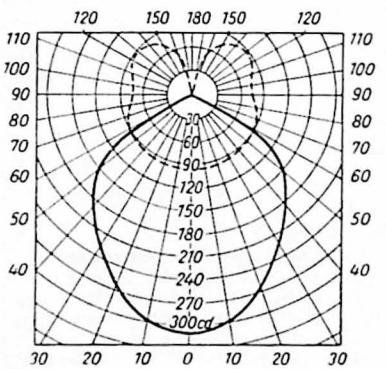
217.1 Verlauf einer Schaulinie

Bild **217.1** zeigt, wie die Schaulinie zu ziehen ist. Die aus Versuchen, Statistiken usw. gewonnenen Zahlenwerte werden im Liniennetz durch kleine Kreise vermerkt. Diese werden dann durch eine zügige Kurve miteinander verbunden. Je mehr Zahlenwerte vorhanden sind und je genauer sie abgetragen wurden, desto besser legt sich der Kurvenzug an.

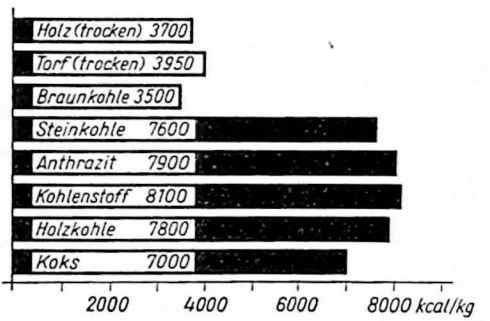
Polkoordinatendiagramm. Hierin wird die Lage der Zahlenwerte durch Polkoordinaten bestimmt (**217.2**). Sie bestehen aus konzentrischen Kreisen und Polstrahlen. Polkoordinatensysteme dienen z. B. zur Veranschaulichung der Ausstrahlungen von Licht und elektrischen Wellen.

Flächendiagramme in mannigfaltiger Form sind weitere Mittel zur Veranschaulichung.

Säulendiagramme enthalten die darzustellenden Größen als senkrechte oder waagerechte Balken gleicher Breite (**217.3**). Schraffierte oder gefärbte Balken erhöhen die Anschaulichkeit.



217.2 Lichtverteilungskurve für eine tiefstrahlende Leuchte

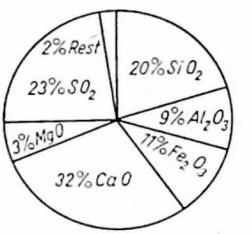


217.3 Heizwerte einiger Brennstoffe

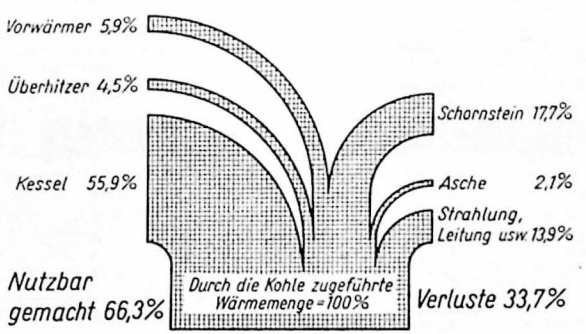
Kreisflächendiagramme (**217.4**) werden zur Veranschaulichung von Prozentwerten benutzt.

Die Aufteilung der Kreisfläche in Sektoren geschieht auf dem Umfange, seine Länge entspricht dem Gesamtprozentwert 100. Die Prozentwerte können auch als Zentriwinkel abgetragen werden, wobei 100 % dem Winkel von 360° entsprechen. Beispielsweise erfordern 32 % einen Winkel von

$$\frac{360° \cdot 32\%}{100\%} = 115{,}2°$$



217.4 Bestandteile der Braunkohlenasche



Sankeydiagramme (**217.5**) dienen z. B. zur Darstellung des Wärmeflusses in Dampfkesseln, Dampfmaschinen, Verbrennungskraftmaschinen u. a.

Das Beispiel zeigt die prozentuale Aufteilung der einem Dampfkessel zugeführten Wärmemenge als Ergebnis eines mehrstündigen Verdampfungsversuchs.

217.5 Wärmestrom in einem Zweiflammrohrkessel

12.10 Zeichnungen für Druckzwecke (DIN 474)

Abbildungen für Bücher, Zeitschriften, Kataloge und andere Druckerzeugnisse werden zunächst in vergrößertem Maßstab angefertigt, dann zur Erzielung besserer Bildschärfe auf das Druckformat fotografisch verkleinert und schließlich durch Ätzen auf die metallene Druckplatte, den Druckstock, gebracht.

Die Zeichnungen sind in tiefschwarzer Tusche auf weißem Zeichenpapier, Zeichenkarton oder lichtdurchlässigem Papier auszuführen. Soll die Zeichnung jedoch direkt, also ohne fotografische Verkleinerung, auf die Druckplatte übertragen werden, dann ist sie in der Größe des Druckbildes auf durchscheinendem Papier herzustellen. Bei Verwendung lichtundurchlässigen Zeichenpapiers wären sonst umständliche Vervielfältigungen erforderlich, die unscharfe Bilder zur Folge hätten. Mit besonderer Tusche kann eine Abbildung aber auch unmittelbar auf die Druckplatte gezeichnet werden (Zinkflachdruck).

Für die fotografische Verkleinerung der Stammbilder auf Druckbildgröße sind möglichst die linearen Maßstäbe 3:4 2:3 1:2 1:3 1:4 und 1:5 einzuhalten. Demgemäß werden die Zeichnungen gegenüber dem Druckbilde in den Maßstäben 4:3 3:2 2:1 3:1 4:1 und 5:1 angefertigt. Der Maßstab für die fotografische Verkleinerung wird außerhalb des Zeichnungsbildes angegeben, z. B. „Verkleinern auf $^1/_2$". Soll aber eine Zeichnung nach einem anderen als einem der vorgesehenen Maßstäbe, also beliebig verkleinert werden, dann ist das Einstellmaß, z. B. ← Einstellmaß 30 mm → auf der Zeichnung anzugeben.

Die gedruckten Bilder sollten möglichst einem der genormten Zeichnungsmaßstäbe entsprechen. Sind mehrere Bilder in derselben Vergrößerung auf einem Zeichenbogen untergebracht, so muß nach der Verkleinerung zwischen den Bildern ein Abstand von mindestens 5 mm zum Trennen der Druckstöcke vorhanden sein.

Nach Möglichkeit sind Normschriften (DIN 1451) zu verwenden. Die in der folgenden Tafel angegebenen Schriftgrößen gelten für leichte Lesbarkeit der zu bevorzugenden senkrechten Normschrift bei mittleren Lichtverhältnissen. Für Schrägschrift, Eng- und Breitschrift, griechische Schrift u. a., für Hervorzuhebendes, Wandtafeln, farbigen Druck usw. müssen den Sichtweiten (DIN 1451) entsprechend größere Schriften gewählt werden. Ebenso kommen für gedruckte Bilder über 50 cm² Größe und bei Verwendung rauhen Zeichenpapiers größere Strichdicken in Betracht. Der kleinste Abstand von Strich zu Strich, die lichte Weite, in den gedruckten Bildern ist etwa so groß wie die betreffende Strichdicke, jedoch nicht kleiner als 0,3 mm. Strichdicken in technischen Zeichnungen sind der Tafel auf S. 58 zu entnehmen. Dabei ist zu beachten, daß Zeichnungen, die z. B. in zweifachem Maßstab des gedruckten Bildes angefertigt werden, die doppelten Strichdicken, doppelt so große Maßzahlen, Maßpfeile, Schrift usw. erhalten müssen.

Bezugszahlen und -buchstaben beginnen an beliebiger Stelle außerhalb des Bildes und werden möglichst fortlaufend, wie auf dem Zifferblatt der Uhr, um das Bild herumgesetzt. Bezugsstriche sind geradlinig und möglichst schräg zu ziehen.

Strichdicken und Schriftgrößen der Zeichnungen für Druckstöcke in mm

Für gedruckte Bilder	hervorzuhebende Teile	Hauptteil (Sichtweite 0,5 m)		Nebenteile, z. B. Netze, Schraffuren, Bezugsstriche (Sichtweite 0,25 m)	
	Strichdicke	Strichdicke	Schriftgröße (Kleinstmaße für Mittelschrift)	Strichdicke	Schriftgröße (Kleinstmaße für Mittelschrift)
	0,3 bis 0,6	0,2 bis 0,3	2	0,15 bis 0,2	1,2
Bei Verkleinerung auf	ergeben sich für die Zeichnung folgende Werte in mm				
$^3/_4$ $^2/_3$	0,5 bis 0,9	0,3 bis 0,5	3	0,25 bis 0,3	2
$^1/_2$	0,6 bis 1,2	0,4 bis 0,6	4	0,3 bis 0,4	2,5
$^1/_3$	0,9 bis 1,8	0,6 bis 0,9	6	0,5 bis 0,6	4
$^1/_4$	1,2 bis 2,4	0,8 bis 1,2	8	0,6 bis 0,8	5
$^1/_5$	1,5 bis 3	1,0 bis 1,5	10	0,8 bis 1	6

Druckstöcke von Zeichnungen für Zeitschriften im Format A 4 s. DIN 826.

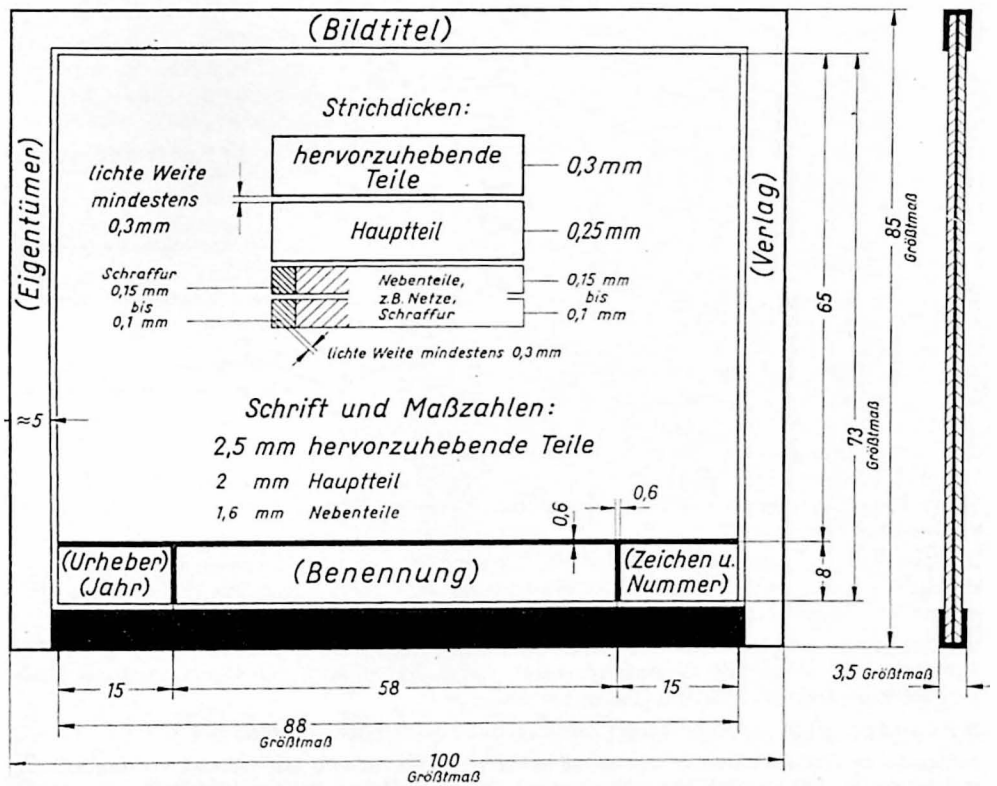
12.11 Zeichnungen für Glasbilder und Bildbänder (DIN 108)

Ein Glasbild (Diapositiv) besteht entweder aus einem fotografischen Plattenbild mit Deckglas oder einem Filmbild zwischen zwei Glasplatten.

Glasbilder werden in den Größen 8,5×10 8,5×8,5 7×7 oder 5 cm×5 cm angefertigt. Für das große Bild, das nur in der Breitlage zu verwenden ist, sind Strichdicken, Schriftgrößen und Strichabstände festgelegt (**219.1**), für die anderen Bilder ergeben sie sich durch verhältnisgleiche Umrechnungen. Die Bilder 5 cm× 5 cm (**220.1**) können die Bildgrößen 24 mm×36 mm und kleiner in der Hoch- oder in der Querlage aufnehmen. Füllt eine Abbildung die Nutzfläche nicht aus, wird der freibleibende Teil durch Überkleben abgedeckt. Für technische Zeichnungen auf Glasbildern kann die Strichdicke für sichtbare Körperkanten gleich der für hervorzuhebende Teile oder für Hauptteile sein.

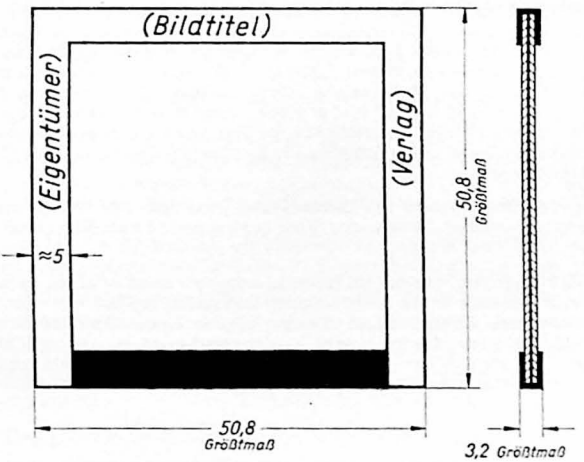
Engschriften sind zu vermeiden. Die Unterschriftleiste und die Beschriftung innerhalb der Nutzfläche können bei Bildern mit künstlerischem Einschlag fortfallen. Die Beschriftung kann auch auf dem Bildrahmen untergebracht werden.

Wird eine Zeichnung größer als das Glasbild ausgeführt, was der Bildschärfe wegen zu empfehlen ist, dann sind die Strichdicken, Schriftgrößen und Strichabstände im Verhältnis dieses Maßstabes größer zu wählen. Jedes Glasbild muß den Bildinhalt in sechsfachem Abstande „a" mit dem bloßen Auge noch deutlich erkennen lassen (**220.2**). Für die Größe 8,5 cm×10 cm beträgt dieser Prüfabstand ≈ 0,5 m. Die größte Entfernung des Beschauers vom Bildschirm ist ähnlich wie beim Prüfabstand gleich der sechsfachen Breite des projizierten Bildes. Vorsorglich fertigt man aber die Zeichnungen für einen Prüfabstand gleich der siebenfachen Bildbreite an.



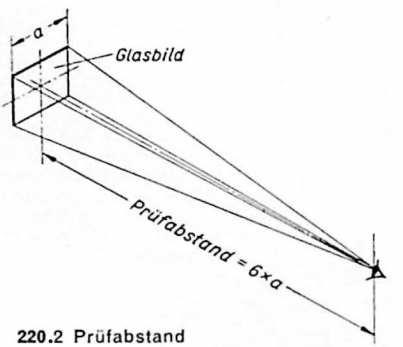
219.1 Glasbild 8,5 cm×10 cm (Nutzfläche 73 mm×88 mm)

Auf der Vorderseite des aufrecht und seitenrichtig stehenden Bildes soll der untere Streifen der Randbeklebung eine andere Farbe haben als die drei anderen Streifen. Das hierdurch entstehende ⌴ muß beim Einstecken in den Bildhalter mit der Öffnung nach oben stehen und beim Bildwurf der Lichtquelle zugewendet sein.



220.1 Glasbild 5 cm×5 cm (Nutzfläche 36 mm×36 mm)

Bildbänder bestehen aus einem biegsamen, durchsichtigen Stoff ähnlich den Filmen, sind ebenso breit und wie diese an beiden Längsseiten gelocht. Die Größe der einzelnen, auf den Bändern in Reihe angeordneten Bilder beträgt 24 mm× 36 mm oder 18 mm×24 mm. Das Bildband 24 mm×36 mm ist vorzuziehen.



220.2 Prüfabstand

12.12 Sonstige Zeichnungen

Zeichnungsangaben für Optikteile sind in DIN 3140 und Hinweise für Schmiedestücke in DIN 7523 enthalten.

Für die Darstellung von Teilen aus Holz besteht DIN 919.

Die Darstellung von Holzerzeugnissen ist zwar weitgehend der Darstellung von Werkstücken aus Metall, Maschinen u. a. angeglichen, in einzelnen Punkten aber gibt es Besonderheiten.

Bauzeichnungen im Hochbau haben in der Vornorm DIN 1356 eine Grundlage. Sie enthält Angaben über normgerechtes Zeichnen im Hochbau, insbesondere über Arten, Maßstäbe und Inhalte der Bauzeichnungen für den Entwurf, die Herstellung und für Besonderheiten, über Blattgrößen, Zeichenflächen, Schriftfeld und Faltung, über Art der Darstellungen (wie Grundrisse, Schnitte, Ansichten) und deren Anordnungen auf dem Zeichenbogen, über Bemaßung (wie Maßzahlen, Maßlinien, Maßbegrenzung, Maßanordnung und Maßeintragung), über Beschriftung und ergänzende Angaben und über die Darstellung von Bauteilen (wie Wänden, Pfeilern, Gründungen, Decken, Treppen, Dachstühlen und Dachräumen, Fenstern, Türen, Entwässerungsleitungen und Einrichtungsgegenständen) mit vielseitigen Zeichnungsbeispielen.

Vordruckzeichnungen sind gedruckte, seltener lichtgepauste Darstellungen häufig vorkommender, aber verschieden großer Werkstücke ohne Maßzahlen. Durch Nachtragen der Maßangaben werden die von Fall zu Fall erforderlichen Größen bestimmt.

Von Vorteil für oft wiederkehrende Einzelheiten, wie Freistiche, Zentrierbohrungen (s. S. 75), Tabellen u. a., sind auch Gummistempel, deren Abdrücke durch Nachtragen der Maßgrößen, Vermerke u. a. vervollständigt werden.

Sinnbilder werden in technischen Zeichnungen immer häufiger verwendet.

Sie lassen sich einfach darstellen und geben dennoch das Wesentliche und Typische der Gegenstände treffend wieder. Auf bewährte Sinnbilder wurde in den einschlägigen Abschnitten bereits hingewiesen, einige weitere werden nachstehend genannt, und wiederum andere sind in der Normung begriffen.

Sinnbilder für Transmissionsteile	DIN 991	Zeichen für Vermessungspläne	DIN 18702
Sinnbilder für Bagger und Absetzer	DIN 22266	Darstellung von Reisezug- und Güterwagen	DIN 25005
Sinnbilder für Flanschverbindungen	DIN 2815	Darstellung der Fertigungsarten für isolierte Drähte und Schnüre	DIN 47003
Sinnbilder und Schaltpläne für Wärmekraftanlagen	DIN 2481	Darstellung der Ergebnisse aus Baugrund- und Wasserbohrungen	DIN 4023
Bergmännisches Rißwerk (Buchform)	DIN 21900		

12.13 Vervielfältigungen

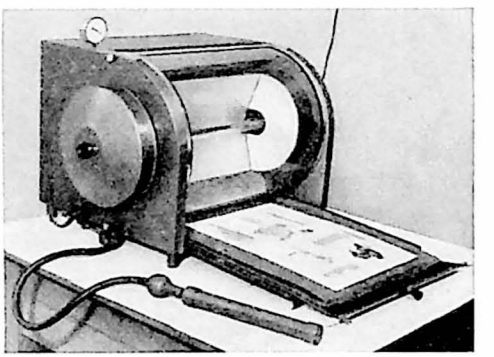
Stammzeichnungen werden fast ausschließlich im Lichtpausverfahren, in besonderen Fällen auch durch Fotokopieren oder fotomechanische Verfahren vervielfältigt.

12.131 Lichtpausen

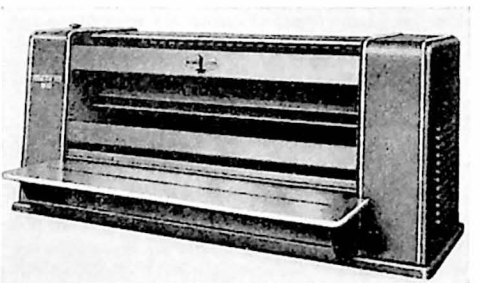
Belichtung. Die in Tusche oder in Blei auf lichtdurchlässigem Papier hergestellte Stammzeichnung wird mit der Vorderseite auf eine ebene oder eine gewölbte Glasscheibe gelegt. Auf die Rückseite kommt Lichtpauspapier, dessen lichtempfindliche Schicht auf der Zeichnung liegt. Beide Teile werden mit einer Filzplatte oder einem Spanntuch, bisweilen pneumatisch, fest gegen die Scheibe gepreßt, durch die von der anderen Seite Strahlen einer kräftigen Lichtquelle einfallen.

Lichtpausgeräte (221.1) sind mit Leuchtstoffröhren oder mit Quecksilberdampflampen ausgestattet. Das Pausgut ruht während der Belichtung.

Für größeren Bedarf dienen Belichtungsmaschinen (221.2), in denen das Pausgut durch ein endloses Transporttuch oder einen rotierenden Glaszylinder an den Lichtquellen mit regulierbarer Geschwindigkeit vorbeigeführt wird. Bogenlampenmaschinen haben die meist beweglichen Lichtquellen in der Brennlinie der parabolisch gewölbten Glasscheibe, veralten aber allmählich. Maschinen mit Leuchtstoffröhren (221.3) oder mit Quecksilberhochdruckröhren sind die modernsten und haben gebogene Glasscheiben oder rotierende Zylinder.



221.1 Belichtungsgerät



221.2
Belichtungsmaschine

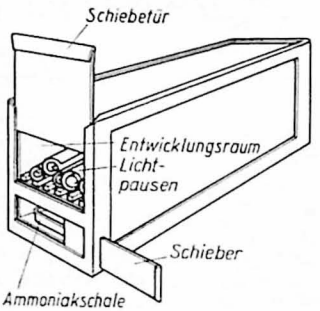
221.3
Belichtung, schematisch dargestellt

Die Dauer der Belichtung ist abhängig von der Lichtstärke, der Lichtdurchlässigkeit der Stammzeichnung und der Empfindlichkeit des Lichtpauspapiers. An den Stellen, an denen die lichtempfindliche Schicht nicht von den Strichen der Zeichnung abgedeckt ist, wird sie zersetzt. Die lichtempfindliche Schicht besteht aus Diazoverbindungen. Das sind Abkömm-

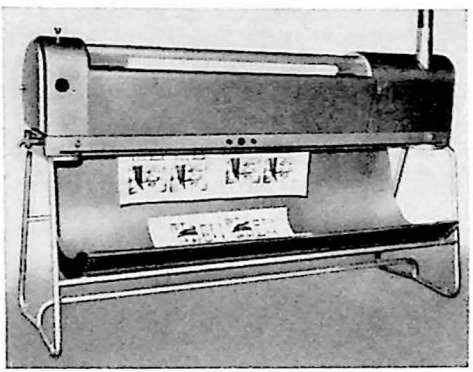
linge des Steinkohlenteers mit farbstoffbildenden Eigenschaften, die unter der Einwirkung des Lichtes zerfallen. Unmittelbar nach der Belichtung ist das Zeichnungsbild schwach erkennbar, und zwar in gelben Strichen.

Durch Entwicklung tritt es kräftiger hervor. Außerdem wird eine weitere Veränderung des Bildes durch Licht ausgeschlossen. Es entsteht eine positive Lichtpause. Positive Lichtpausen haben hellen Papiergrund und dunkle (farbige) Striche, bei negativen Lichtpausen, die kaum noch hergestellt werden, ist es umgekehrt. Die Zusammensetzung der lichtempfindlichen Schicht ist maßgebend für die Art der Entwicklung.
Entweder wird trocken oder feucht entwickelt.

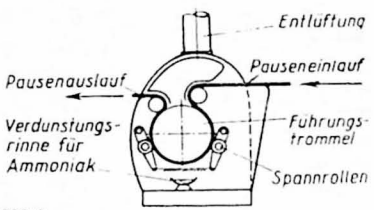
Bei der trockenen Entwicklung wird das belichtete Papier in einen Holzkasten (**222.1**) gelegt oder durch eine Entwicklungsmaschine (**222.2** und 3) gezogen, in der sich Schalen mit möglichst angewärmter 25%iger Ammoniaklösung befinden. Die aufsteigenden Dämpfe umspülen die belichtete Schicht und entwickeln die Pause.



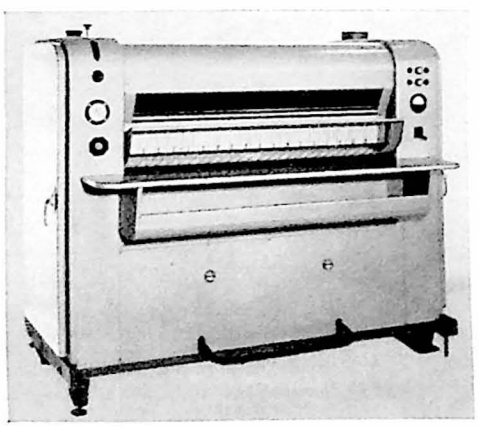
222.1 Entwicklungskasten



222.2 Entwicklungsmaschine mit Ständer



222.3
Wirkungsweise einer Entwicklungsmaschine, schematisch dargestellt



222.4 Lichtpausautomat

Bild **222.4** zeigt einen Lichtpausautomaten, das ist eine kombinierte Belichtungs- und Entwicklungsmaschine für hohe Leistungen.

Bei der feuchten Entwicklung wird die belichtete Schichtseite mit einer besonderen Salzlösung gleichmäßig benetzt. Das Salz hierfür wird mit dem Lichtpauspapier geliefert. Zum Anfeuchten wird das Papier durch zwei sich drehende, waagerechte Gummiwalzen gezogen, von denen die untere in der ganzen Länge ein wenig in die Lösung taucht. Ein besonderes Trocknen ist nicht erforderlich.

Fehlerquellen. Lichteintritt, feuchte Luft, Wärme und Ammoniakgas setzen die Gebrauchsfähigkeit der Lichtpauspapiere bis zur Unbrauchbarkeit herab. Ist die unbelichtete Schicht umgefärbt, dann hat das Papier gelitten. Baldiger Verbrauch, sorgfältige Aufbewahrung der angebrochenen Rollen und Stapel in der Originalverpackung oder lichtdichter Verschluß in geeigneten Behältnissen und Lagerung in trockenen, kühlen und gasfreien Räumen bewahren vor Verlusten.

Unterbelichtete Pausen haben zu dunklen Grund, doch dürfen Pausen von Bleizeichnungen zwecks größerer Deutlichkeit nicht bis zum völligen Verschwinden der Grundtönung belichtet werden. Überbelichtung macht sich durch lückenhafte Wiedergabe der Zeichnung auf ausgeblichenem Pausengrund bemerkbar. Blasse Striche auf Trockenpausen entstehen durch zu kurzes Einwirken der Ammoniakdämpfe und Mangel an Luftfeuchtigkeit und auf Feuchtpausen durch zu dünn angesetzte Salzlösung. Mangelhafter Andruck des Lichtpauspapiers auf die Zeichnung, Verziehen und Verrutschen während der Belichtung ergeben verschwommene Bilder. Flecken werden durch Berühren der Schichtseite mit feuchten Händen und Streifen durch unbeabsichtigte Vorbelichtung, ungleichmäßiges Belichten, ruckweises Durchziehen der Pausen durch den Entwicklungsapparat und durch ungleichmäßiges Einwirken der Ammoniakdämpfe hervorgerufen.

Benennungen, Kurzzeichen und Abmessungen für Lichtpausmaterialien und Lichtpausen sind genormt (DIN 840).

Eine Rolle Lichtpauspapier, blaue Striche auf weißem Grunde, für Trockenentwicklung, Gewicht 80 g/m², Rollenbreite 90 cm, Rollenlänge 20 m, wird bezeichnet:

1 Rolle Lichtpauspapier P blau 80 g 90 cm × 20 m DIN 840

Die Originalzeichnung wird geschont, wenn davon eine Transparentpause hergestellt und zum Lichtpausen verwendet wird.

Für Lichtpausen, die mit der Flugpost versandt werden sollen, gibt es sehr leichte Papiere. Besondere Sorten sind auch Papiere mit hinterklebtem Baumwollgewebe und appretiertes Baumwollgewebe mit Lichtpauspräparation.

Farbige Darstellungen werden durch Lichtpausen nicht farbig wiedergegeben. Notfalls müssen die Pausen mit Farbstiften oder durch Anlegen mit farbiger Tusche o. a. ergänzt werden.

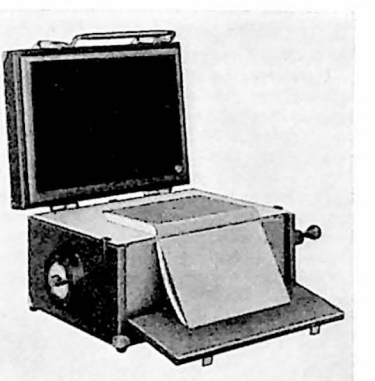
Zeichnungsänderungen. Bei der Anfertigung technischer Zeichnungen kann bisweilen von vorhandenen Zeichnungen ausgegangen werden. Nachdem eine solche Unterlage bis auf den abzuändernden Teil von Hand durchgepaust ist, wird die Änderung nachgetragen. Dieses Verfahren ist aber beim Durchpausen umfangreicher Darstellungen recht kostspielig. Es ist billiger, die Pausarbeit von Hand durch Lichtpausen zu ersetzen.

Die alte Stammzeichnung wird lichtgepaust, aber zunächst noch nicht entwickelt. Auf die nicht abzuändernden Stellen des belichteten Papiers wird dann ein Zeichenkarton gelegt und der nicht abgedeckte Teil abermals belichtet. Er erscheint nach der Entwicklung als weiße Fläche und kann nun geändert werden.

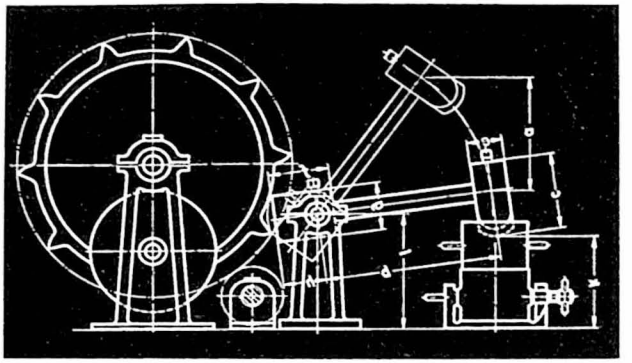
12.132 Fotokopien

Die hierzu verwendeten Chlorbromsilberpapiere sind lichtempfindlicher, aber auch teurer als Lichtpauspapiere. Das einfachste Fotokopiergerät ist ein mit einer Glasscheibe abgedeckter Kasten (**223.1**), an dessen Boden sich Lichtquellen befinden. Eine eingebaute Schaltuhr regelt die Belichtungsdauer. Auch mit dem Gerät nach Bild **221.1** ist die Belichtung für das Fotokopieren möglich.

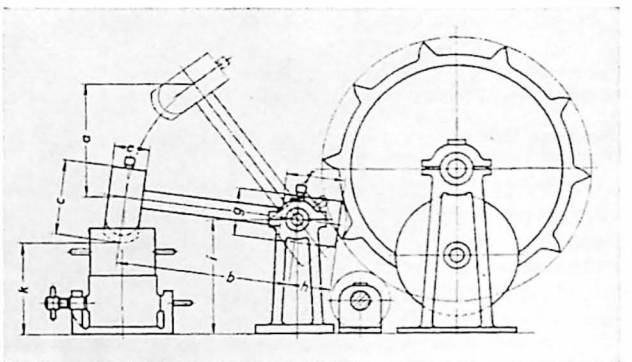
Die sich auf lichtdurchlässigem Papier befindende Stammzeichnung wird mit der Vorderseite auf die Glasplatte und darüber das Fotokopierpapier mit der Schichtseite nach unten gelegt. Durch den Andruckdeckel wird das Gerät geschlossen. Ein mit einer Luftpumpe erzeugtes Vakuum drückt Stammzeichnung und Fotokopierpapier fest auf die Glasplatte. Nach der Belichtung muß die Fotokopie in einem besonderen Bade entwickelt, in Wasser gespült, in einem zweiten Bade fixiert, wieder im Wasserbade gespült und dann schließlich getrocknet werden. Es entsteht ein Negativ, von dem in der gleichen Weise ein Positiv hergestellt werden kann. Dieses Verfahren heißt Durchleuchtungs- oder Kontaktverfahren und ähnelt dem Lichtpausen.



223.1 Belichtungsgerät



224.1 Seitenverkehrtes Negativ (Zwischenbild)



224.2 Positive Fotokopie

Ist das Zeichenpapier aber nicht durchscheinend oder ist es doppelseitig benutzt worden, dann wird das Reflexverfahren gewählt. Hierbei wird die Rückseite des Fotokopierpapiers auf die Glasplatte und die Vorderseite der Zeichnung auf die lichtempfindliche Schicht gelegt. Das Licht durchstrahlt dann die Glasplatte und das Fotokopierpapier, wird aber dann von den strichfreien Stellen der Zeichnung auf die lichtempfindliche Schicht zurückgeworfen (reflektiert). Auf diese Weise lassen sich auch, wie Bild **213.1** zeigt, Buchseiten abziehen. Nach dem Entwickeln, Wässern, Fixieren, abermaligen Wässern und Trocknen ist ein seitenverkehrtes Negativ entstanden (**224.1**). Es wird nun mit der Rückseite auf die Glasplatte und darüber das Kopierpapier mit der Schichtseite auf die Zeichnung gelegt; in diesem zweiten Gang entsteht ein Positiv (**224.2**).

Es gibt Fotokopiergeräte und -papiere für Benutzung in der Dunkelkammer oder bei gedämpftem Tageslicht, außerdem auch Geräte, die auch für die Belichtung der Lichtpausen dienen, und welche mit Aufnahmekamera, die die Zeichnung verkleinern oder vergrößern. Durch Verkleinern auf ein einheitliches Format lassen sich Kleinarchive schaffen, aus denen ohne Beeinträchtigung der Schärfe und Deutlichkeit wieder die ursprünglichen Größen herstellbar sind. Fotokopien auf dünnem Papier und auf filmähnlichen Stoffen sind lichtpausfähig und dienen auch als Zwischenoriginale in der Lichtpauserei.

Nach einem neuen, sehr schnellen Verfahren wird das im Durchleucht- oder im Reflexverfahren seitenverkehrt belichtete Papier auf ein lichtunempfindliches Spezialübertragungspapier mit den Schriftseiten nach innen gelegt und beide durch eine Entwicklerlösung in einem besonderen Gerät gezogen (**224.3**). Die dabei durch Walzen zusammengepreßten und entnäßten Papiere können nach dem Austritt und kurzer Lagerung voneinander abgezogen werden, und zwar das belichtete als seitenverkehrtes Negativ und das Übertragungspapier als Positiv (**224.4**). Von dem Negativ können sogar mehrere Abzüge gemacht werden.

224.3 Schnitt durch das Entwicklungsgerät

224.4 Trennen des Positivs vom Negativ

12.133 Fotomechanische Verfahren

Plandruck. Auf eine mit einer lichtempfindlichen Chromgelatineschicht versehene Zink- oder Aluminiumplatte wird ein Negativtransparent der Zeichnung seitenverkehrt aufgelegt.

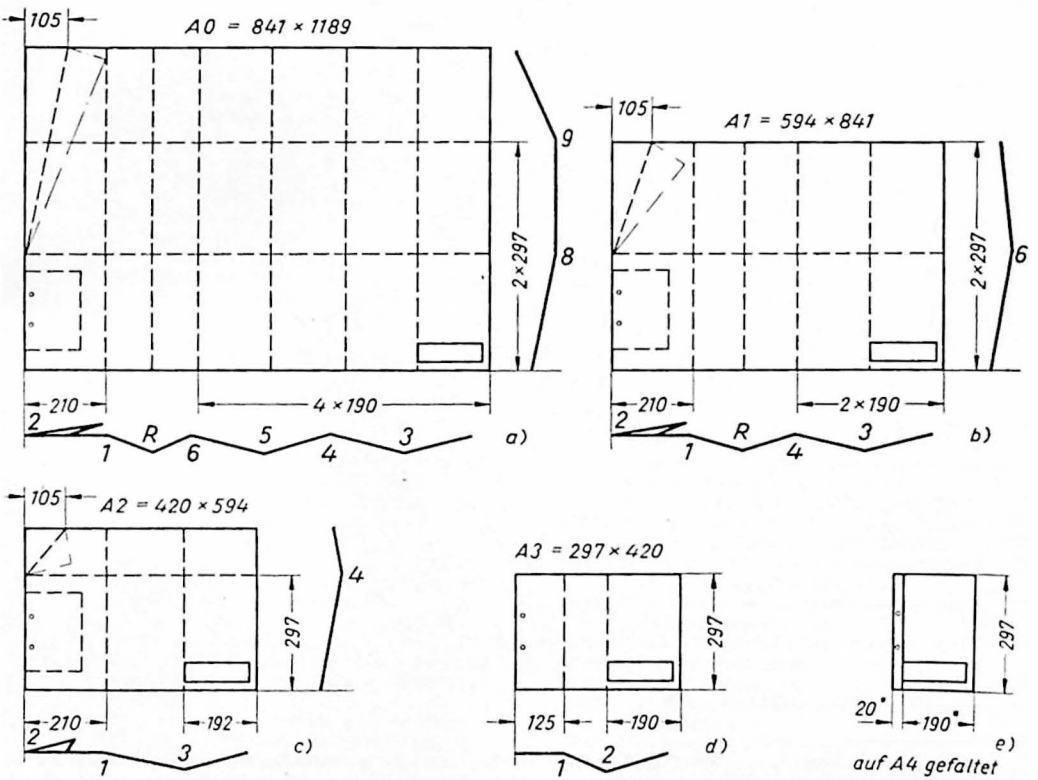
Die vom Licht getroffenen Stellen der Platte werden durch Gerbwirkung unlöslich und nehmen nach dem Abwaschen der übrigen Schicht Druckfarbe an. Auf maschinelle Weise werden dann Abzüge in meist hohen Auflagen gedruckt.

Umdruck. Lichtempfindliches Spezialpapier, auf das die Zeichnung gelegt wurde, wird nach dem Belichten mit der Schichtseite auf eine nach besonderer Vorschrift hergestellte Gelatinemasse kurze Zeit aufgequetscht. Da die mit unbelichteten Stellen in Berührung gewesene Gelatineschicht Druckfarbe annimmt, können im Abziehverfahren ohne maschinelle Hilfsmittel positive Umdrucke in allerdings nur geringen Mengen gewonnen werden.

12.14 Beschneiden, Falten und Aufbewahren der Zeichnungen

Zeichnungen, Lichtpausen, Fotokopien u. a. müssen auf das vorgesehene Maß gebracht werden. Für größere Mengen und längere Schnitte reicht eine Papierschere aber nicht aus: Je nach Bedarf werden daher Beschneidepulte, Schlagscheren, Beschneidegeräte und Beschneidemaschinen verwendet.

Falten der Zeichnungen (DIN 824). Größere Lichtpausen werden auf das Format A 4 zusammengelegt, damit sie in einem Hefter aufbewahrt oder in einem Brief befördert werden können. Das Falten der Stammzeichnungen jedoch unterbleibt, da die Kniffe leicht einreißen oder auf den Lichtpausen unerwünschte Striche hinterlassen. Nach dem Falten liegen das Schriftfeld oben und der Heftrand frei (225.1 e). Durch Aufkleben von Verstärkerringen oder eines Kartons im Format A 5 auf der Rückseite sind die Heftlöcher gegen Einreißen geschützt.



225.1 Falten der Zeichnungen auf DIN A 4

*) Die Maße 20 und 190 gelten für A 0, A 1 und A 3; für A 2 gelten dafür 18 und 192.

Bei den Formaten A 2 und größer entstehen Längs- und Querfalten (225.1 a bis 225.1 c). Das Format A 3 hat nur Längsfalten, die in 125 mm Abstand von der linken Blattkante durch Umlegen nach vorn und in 190 mm Abstand von der rechten Blattkante durch Umlegen nach hinten entstehen (225.1 d). In allen anderen Fällen wird die 1. Falte im Abstand 210 mm von der linken Blattkante nach vorn umgelegt. Die linke obere Ecke des Bogens, die sonst beim Lochen und Einheften stören würde, wird durch die 2. Falte im Abstande von 105 mm nach hinten umgebogen. Nun werden Längsfalten in Abständen von je 190 (bei A 2 192) mm von der rechten Blattkante gebildet. Bei den Formaten A 1 und größer entsteht eine Restfalte R in der Mitte des verbleibenden Teils. Die Gesamtzahl aller Längsfalten ist durch 2 teilbar. Dann wird quergefaltet. Die erste Querfalte wird im Abstand 297 mm von der Unterkante nach hinten umgelegt, die nächste ebenso, bis der Bogen schließlich auf das Format A 4 gebracht worden ist.

Nach dem gleichen Schema lassen sich auch Zeichnungen in der Hochlage und sogar beliebige Blattgrößen auf das Format A 4 falten.

Zeichnungen sind in bezug auf Formate und Inhalt sehr verschieden. Eine gewisse Ordnung im Ablegen und Aufbewahren ist daher unumgänglich, sonst entstehen Verluste durch Kniffe, Einreißen und langes Suchen.

Nach welchen Gesichtspunkten die Zeichnungen zu ordnen sind, ob sie in Mappen, Schränken, Regalen oder in modernsten Registraturen abzulegen sind, hängt nicht nur von der Menge, sondern auch von den gegebenen Verhältnissen ab. Es ist am günstigsten, die Zeichnungen in sogenannten Sattelreitern hängend, raumsparend, übersichtlich, bequem zugänglich und staubdicht aufzubewahren.

Größere Zeichnungen als A 1 sollen möglichst nicht in Akten eingelegt oder eingeheftet werden.

BILDQUELLEN

Kalle & Co. AG, Wiesbaden-Biebrich (221.1, 222.2, 222.4) — Franz Kuhlmann KG., Wilhelmshaven (5.1, 5.2 — Lumoprint, Hamburg 13 (223.1) — Meteor-Apparatebau, Siegen (221.2) — Albert Nestler Verkaufsgesellschaft, Lahr (Schwarzwald) (5.3) — Clemens Riefler, Nesselwang (Bayern) (7.6) — Günther Wagner, Hannover (10.3)

HINWEISE AUF DIN-NORMEN

DIN-Normblatt-Verzeichnis
DIN-Mitteilungen
Klein, Einführung in die DIN-Normen
DIN-Taschenbuch Band 1: Grundnormen für die mechanische Technik
DIN-Taschenbuch Band 2: Zeichnungsnormen
DIN-Taschenbuch Band 3: Maschinenbaunormen für Studium und Praxis
DIN-Taschenbuch Band 4A: Werkstoffnormen Stahl und Eisen
DIN-Taschenbuch Band 4B: Werkstoffnormen Nichteisenmetalle
DIN-Taschenbuch Band 10: Schrauben, Muttern und Zubehör für metrische Gewinde

DIN 3 Normmaße (Febr. 55)
5 Axonometrische Projektionen (Okt. 48)
6 Ansichten, Schnitte, besondere Darstellungen (Okt. 56)
15 Bl. 1 u. 2 Linien (Juni 55)
16 Schräge Normschrift (Aug. 40)
17 Senkrechte Normschrift (Aug. 40)
27 Darstellung von Gewinden, Schrauben und Muttern (Sept. 55)
29 Darstellung und Sinnbilder für Federn (Dez. 61)
30 Kleindarstellungen, Vereinfachungen (Aug. 40×)
37 Darstellung für Zahnräder (Dez. 61)
69 Durchgangslöcher für Schrauben (Mai 43)
75 Bl. 1 Senkungen für Senkschrauben (Febr. 54)
75 Bl. 2 Senkungen für Zylinderschrauben (Febr. 56)
76 Bl. 1 u. 2 Gewindeauslauf, Gewinderillen, Gewindeenden (Nov. 53)
78 Schraubenenden (Aug. 53)
79 Bl. 1 Vierkante und Vierkantlöcher für Spindeln usw. (April 27×)
82 Rändel- und Kordelteilungen (Jan. 40)
107 Links- und Rechtsbezeichnung im Bauwesen (Mai 39)
108 Bl. 1 u. 2 Diaprojektion, Glasbilder, Bildbänder (Juli 59)
140 Bl. 1 bis 7 Oberflächenkennzeichnung (Okt. 31 ×, Sept. 61)
199 Zeichnungsarten (Sept. 62)
201 Schraffuren und Farben zur Kennzeichnung von Werkstoffen (Febr. 53×)
202 Abgekürzte Gewindebezeichnungen (Juli 38×)
250 Rundungen (Dez. 39)
254 Kegel (Juli 62)
267 Schrauben, Muttern und ähnliche Gewinde- und Formteile (Dez. 60)
332 Bl. 1 u. 2 Zentrierbohrungen (Sept. 60)
406 Maßeintragung (Sept. 55)
407 Bl. 1 Sinnbilder für Niete, Schrauben und Lochdurchmesser bei Stahlkonstruktionen (Juli 59)
407 Bl. 2 Sinnbilder für Niete u. Schrauben, Durchgangs- und Gewindelöcher (Jan. 55)
461 Grafische Darstellungen durch Schaulinien (Jan. 23)
474 Zeichnungen für Druckzwecke (Jan. 53)
475 Schlüssel- und Maulweiten (Jan. 43 ××)

DIN 509 Freistiche (April 56)
823 Blattgrößen, Maßstäbe (März 56)
824 Falten der Zeichnungen (Jan. 56)
840 Bl. 1 u. 2 Lichtpausmaterialien, Lichtpausen (Nov. 60)
918 Bl. 1 bis 3 Schrauben und Muttern, Benennungen (Nov. 24)
919 Bl. 1 Holzerzeugnisse, Holzteile; technische Zeichnungen für die Herstellung (Okt. 58)
991 Sinnbilder f. Transmissionsteile (Febr. 33)
1353 Kurzzeichen für Profile, Stangen, Bleche usw. (Sept. 59)
1356 Bauzeichnungen im Hochbau (Vornorm Aug. 59)
1451 Groteskschriften (Febr. 51)
1910 Bl. 1 bis 3 Schweißen, Begriffe und Arten (Aug. 54)
1911 Preßschweißen (Okt. 59)
1912 Bl. 1 Schmelzschweißen, Verbindungsschweißen (Juli 60), Bl. 3 Auftragsschweißen (März 61)
2403 Kennzeichnungen von Rohrleitungen (Dez. 53×)
2404 Kennfarben für Heizungsrohrleitungen (Dez. 42 ×)
2429 Sinnbilder für Rohrleitungsanlagen (Juli 62)
2430 Bl. 1 bis 4 Sinnbilder für Formstücke für Rohrleitungen (Dez. 29)
3141 Oberflächenzeichen, Rauhtiefen (Vornorm März 60)
3142 Kennzeichnung von Oberflächen durch Rauheitsmaße (März 60)
3400 Kennzeichen für Armaturen (Juli 28)
4172 Maßordnung im Hochbau (Juli 55)
4763 Stufung der Rauheitsmaße (Juli 60)
6771 Bl. 1 Vordrucke für Zeichnungen, Schriftfeld ohne Stückliste (Okt. 49×)
6771 Bl. 2 Schriftfeld mit Stückliste und besondere Stückliste (Okt. 49)
6781 Vordrucke für Zeichnungen (März 55)
6782 Schriftfelder (März 55)
6783 Stücklisten (März 55)
7150 Bl. 1 u. 2 Einführung in die ISA-Passungen (Juli 38×)
7157 Bl. 1 u. 2 Passungsauswahl (Febr. 56)
7168 Abweichungen für Maße ohne Toleranzangabe (Apr. 60)
7190 Berechnung einfacher Preßpassungen (Aug. 43), Beibl. 1 (Okt. 56)

Abmaße 91, 101
Absatzmaße 93
Abwicklungen 74, 159, 170
Achteck 146
Amerikanische Zeichnung 76
Anlegen der Zeichnung 15, 63
Anschlußbogen 147
Anschlußpläne 216
Ansichten, Anordnung der 25, 69
Arbeitsplatz 15
Archimedische Spirale 152
Armquerschnitte 72
Aufbewahren d. Zeichnungen 225
Außenkegel 86
Auszlehen 8, 190

Bauzeichnungen 220
Bearbeitungszugaben 73, 193
Bemaßung 26, 77
Beschneiden der Zeichnungen 225
Bezugsebene 32, 93
Biegelinien 74
Bildband 218
Blattgrößen 17
Blechdicken 79
Blechdurchzug 118
Bleistifte 6
Bleizeichnungen 192
Bogenmaße 78
Bolzen 125
Bruchdarstellungen 54

Darstellung, Besonderheiten 69
–, dimetrische 180
– nach DIN 6 25, 69
–, isometrische 186
Diagonalkreuz 30
Diagramme 216
DIN-Passungen 95, 102
Doppelkegel 86
Doppellaschennietung 118
Drelecksäule 23, 39, 159
Druckfedern 134
Druckstockzeichnungen 218
Durchdringungen 170
Durchleuchtverfahren 223
Durchmessermaß 32

Einheitsbohrung 96
Einheitswelle 96
Einlegekeile 121
Einsatzzirkel 10
Einschraublängen 110
Einstellwinkel 84
Ellipse 149, 160, 165
Endstellungen 73
Evolvente 153
Evolventenverzahnung 139

Fächerscheibe 116
Falten der Zeichnungen 225
Farben zur Kennzeichnung der Werkstoffe 63
Farbstifte 15
Fasenbemaßung 79
Federn, Paß- 123
–, Schrauben- 134
Federringe 116
Federscheiben 116
Fernmeldeanlagen 216
Fertigteilzeichnungen 193
Flächendiagramm 217
Flachkeile 121
Flachrundniet 119
Fotokopien 223
Fotomechanische Verfahren 224
Freihandlinien 57
Freihandskizzen 189
Freistiche 75
Fünfeck 147

Galvanische Überzüge 82
Geometrische Konstruktionen 144
Gesamtzeichnung 193
Gestreckte Längen 73
Gewinde 103
–auslauf 107
–bemaßung 105
–darstellung 104, 117
–rillen 107
–stift 111
–toleranzen 106
Glasbilder 219
Goldener Schnitt 146
Grafische Darstellungen 216
Gruppenzeichnungen 194
Gummistempel 220

Härteangaben 140
Halbmessermaße 33
Halbrundniet 118
Halbrundschraube 110, 111
Halbschnitt 70
Hammerschraube 110
Hemmfeder 117
Hilfskugelverfahren 176
Hohlkeile 121
Holzschrauben 112
Holzteile 220
Hostaphan 17
Hyperbel 152
Hyperbelschnitt 166

Innenfugen 48
Innenkegel 86
Innensechskantschraube 108
Installationspläne 213
ISA-Passungen 97
Isometrie 186

Kantenschutz 62
Kegel 24, 41, 83
–rad 141
–schnitte 165
–senkschraube 110
–stifte 126
–stumpf 24, 41, 164
–winkel 83
Kehlnaht 131
Kelle 121
Keilnuten 122
Keilwellen 124
Kerbstifte 127
Kerbverzahnung 125
Kesselbauniete 119
Kettenmaße 33, 93
Klargewebe 17
Klarpapier 16
Klarzell 17
Klebeband 12
Kleindarstellungen 117, 120
Klemmlänge 118, 119
Kontrollmaß 82
Kordel 112
Körperdurchdringungen 170
Körperkanten 26, 28

Körperschnitte 159
Kreisabwicklungen 146
Kreisanschlüsse 147
Kreisflächendiagramme 217
Kreiskegel, gerader 24, 164
–, schiefer 24, 167
Kreisteilungen 79, 146
Kreiszylinder, gerader 24, 31, 160
–, schiefer 24, 161
Kreppband 12
Kronenmutter 112
Kugel 24, 42, 169
–abschnitt 24, 42
–abwicklung 170
–schnittverfahren 176
Kurvenbemaßung 80
Kurvenlineale 13
Kurven, technische 149

Längskeile 121
Laschennietung 119
Leitungspläne 210
Lichtpausen 221
Lichtschaltungen 213
Linien 57
–diagramme 216
Linsenniete 119
Linsenschraube 111
Linsensenkschraube 111
Lochmittenentfernungen 93

Maßanordnung 78
Maßbezugsebene 32, 93
Maßeintragung 26, 77
Maßhilfslinien 27
Maßketten 33, 93
Maßlinien 26, 79
Maßpfeile 27
Maßstäbe 22
Maßtoleranzen 91
Maßzahlen 27
Metrisches Gewinde 103
Millimeterpapier 17
Mittellinien 30
Mittenentfernungen 93
Mittigkeiten 94
Muttern 112

Nabennut 122
Nasenflachkeil 121
Nasenhohlkeil 122
Nasenkeile 121
Neigungen 85, 87
Nietabstände im Stahlbau 202
Niete 119
Nietungen 118
Nonius am Zeichenkopf 88
Normmaße 78
Normschrift, schräge 18
–, senkrechte 20
Nullenzirkel 12

Oberflächenkennzeichnung 64
– an Gewinden und Schraubteilen 109
– an Zahnflanken 139
Ölklarpapier 16
Optikerzeichnungen 220

Parabel 151, 167
Parallele 145
Parallelperspektiven 180
Parallelprojektion, rechtwinklige 155, 180
–, schiefe 185
Passungen 95
Passungsauswahl 98, 99
Passungsfamilien 98
Paßfeder 123
Paßschraube 108
Paßsystem 95
Paßtoleranz 96
Pausgewebe 17
Pergamin 16
Pergazell 16
Perspektiven 180
Plandrucke 224
Plattenfeder 13
Polkoordinatendiagramm 217
Preßpassungen 96, 98
Preßschweißen 128
Profilmaße 80
Prüfmaße 82
Punktkoordinatendiagramm 216
Pyramiden 24, 39
–stümpfe 24, 40, 163, 184

Quadratzeichen 29
Querkeile 121

Radiermittel 14
Rändel 112
–schraube 111
Randschutz 62
Rauheitsmaße 67
Raumecke 155
Rechtecksäulen 23, 25, 159, 184
Reflexverfahren 224
Reißfeder 7
Reißzeug 7
Reißzwecken 12
Riemenscheiben 72
Rohrgewinde 105, 106
Rohrkrümmer 71
Rohrpläne 208
Rohrverschraubung 114
Rohteilzeichnungen 193
Rundgewinde 103, 105
Rundsäule 24, 31, 160, 184
Rundungen 33, 147
Rundungshalbmesser 34

Sankeydiagramm 217
Säulendiagramm 217
Schablonen 15
Schablonenschrift 20
Schaftschraube 111
Schaltpläne 210
Schaltzeichen 211, 213
Schaubilder 216
Scheiben 87, 112
–federn 124
Schlitzschrauben 111
Schlüsselweiten 106
Schmelzschweißen 128
Schmiedeteile 220
Schnecken 142
–räder 142
–getriebe 141
Schnittdarstellung 47, 70, 185
Schnittkurven 160, 165
Schnittverlauf 49
Schraffuren 47, 63, 185
Schrauben 106
–enden 107
–federn 134
–linie 154
–sicherungen 115
Schraubverbindungen 113, 117
Schriftabmessungen 18
Schriftfeld 58
Schriftschablonen 13
Schwedenfeder 9
Schweißpositionen 132
–verbindungen 127
–zusatzwerkstoffe 132
Sechseck 147, 182
–säule 23, 38, 159
Sechskantmuttern 107, 112
Sechskantschrauben 108
Sehnenmaße 78
Senkholzschraube 112
Senkniet 119, 120
Senkschrauben 111
Senkungen 114, 117
Sicherungsbleche 115
Sicherungsmutter 116
Sicherungsnapf 116
Siebeneck 147
Skizzen 189
Spann- und Nachstellkeil 123
Spiel 95
Spielpassungen 96, 98

Spirale 152
Splinte 126
Stabmaße 12
Stahlbauniete 119
Stahlbauzeichnungen 202
Stangenzirkel 12
Stechzirkel 7
Stifte 126
Stiftschrauben 110, 114
Stirnrad 139
Strichlinien 28, 57, 70
Strichpunktlinien 30, 49, 57
Stromlaufpläne 212
Stückliste 60
Stumpfnaht 130

Tangenten 145
Tangentkeile 123
Teildarstellungen 71
Teilnummern 193
Teilungsmaße 80
Teilzeichnungen 193
Teilzirkel 8
Toleranzen 91, 99
Toleranzsystem 96
Transparentpapier 16
Trapezgewinde 103, 105
Trapezsäule 23, 36
Treibkeile 121
Tusche 10, 12
—zeichnungen 190

Übergangspassungen 96, 98
Überlappungsnietung 118
Übermaß 95
Übersichtsschaltpläne 212
Umdrucke 225
Urheberschutz 62

Vergrößerungen 22
Verjüngung 87
Verkleinerungen 22
Vervielfältigung 221
Vielecke 146
Vierkantmutter 112
—schraube 110
Vollinien 26, 57
Vordruckzeichnungen 220

Wahre Größen 37, 157
Wasserfarben 15
Wellennut 122
Wendel 154
Werkstoffangaben 62, 63, 109
Whitworthgewinde 103, 105
Winkel, Aufzeichnen der 4, 88
—bemaßung 79
—halbieren 145
—toleranz 94
Wirkschaltpläne 212

Zahnformen 138
Zahnräder 137
Zahnscheibe 116
Zahnwellen 125
Zeichenbogen 16, 25
Zeichenbrett 3
Zeichenfedern 13
Zeichengeräte 3
Zeichenmaschine 4
Zeichenpapier 16
Zeichenplatte 4
Zeichenschienen 3
Zeichenstifte 6
Zeichnungsänderungen 89, 223
Zeichnungsarten 189
Zeichnungsmaßstäbe 22
Zeichnungsvordrucke 61
Zentrierbohrungen 75
Zugfedern 136
Zykloiden 153
Zylinder 24, 31, 160, 184
—schraube 111
—stifte 126

Pelikan Graphos

Schnell
Sauber
Präzise

arbeiten Sie mit dem Tuschefüllhalter Pelikan-Graphos. Leicht auswechselbare Federn in Breiten von 0,1 bis 10 mm machen ihn zu einem universellen Gerät zum Zeichnen und Beschriften. Die Tusche fließt selbsttätig und gleichmäßig aus der Feder und gibt gut gedeckte, scharfrandige Federzüge und Linien. Der Tuschefluß kann durch drei verschiedene Zuführer geregelt werden.

Pelikan-Ausziehtusche

ist leichtflüssig, strich- und wasserfest. Die tiefe Schwärze und gute Deckkraft der schwarzen Pelikan-Ausziehtusche garantieren gute Lichtpausfähigkeit. Die sinnreich konstruierte Tuschepatrone gestattet sauberes und genau dosiertes Füllen des Pelikan-Graphos.

Ausführliche Druckschrift erhalten Sie auf Wunsch von

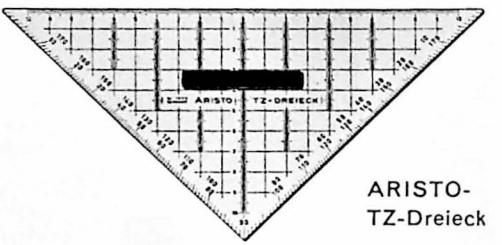
Günther Wagner
Hannover
Pelikan-Werke

1862

ARISTO verleiht Überlegenheit

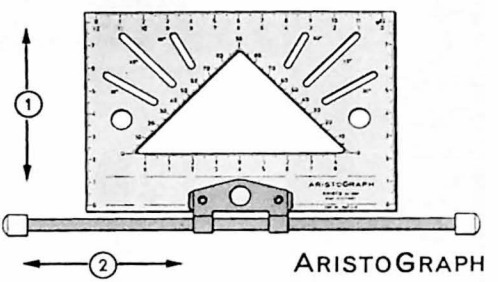
1962

Mit dem ARISTO-TZ-Dreieck werden alle Grundaufgaben des technischen Zeichnens so schnell wie mit einer Zeichenmaschine gelöst, weil Maßstab, rechter Winkel und Winkelteilung in diesem Dreieck sinnvoll vereinigt sind. Der Nullpunkt der mm-Teilung in der Mitte der Hypotenuse ist gleichzeitig Nullpunkt der dazu senkrechten mm-Teilung und Zentrum der Winkelteilung. Folgende Arbeiten werden mit wenigen Handgriffen erledigt: Errichten und Fällen von Loten, Antragen von Winkeln, Zeichnen von Parallelen, Konstruieren von Dreiecken und symmetrischen Figuren, Abtragen oder Ablesen von rechtwinkligen und polaren Koordinaten.



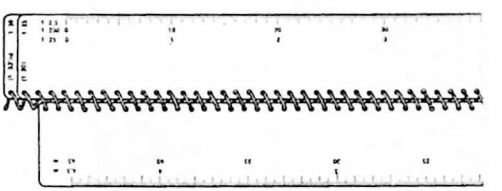
ARISTO-
TZ-Dreieck

Der ARISTOGRAPH ist eine kleine, praktische „Zeichenmaschine" in der Aktentasche. Das 85 × 130 mm große transparente Zeichengerät wird lotrecht zur Führungswalze in der Art eines Parallel-Lineals verschoben ❶, während gleichzeitig eine parallele Verschiebung durch Gleiten auf der 200 mm langen Führungswalze erreicht wird ❷. Die Kunststoffwalzen an den Enden verhindern eine Verdrehung bei der Parallelverschiebung.



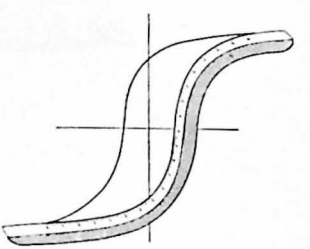
ARISTOGRAPH

Der neue, handliche ARISTO-Spiral-Maßstab vereinigt auf drei 30 cm langen Lamellen 15 Reduktionsmaßstäbe von 5 : 1 bis 1 : 500. Die Deutung der Teilungsbezifferung wird durch entsprechende Dimensionsangaben erleichtert.



ARISTO-Spiral-Maßstab

Das Kurvenlineal ARISTOFLEX ist ein 20 cm langes unzerbrechliches Kunststoffband, das mit einer nicht schmierenden und nicht fettenden Haftpaste verbunden ist. Durch Andrücken dieser Paste auf die Zeichenunterlage wird das Kurvenband in der gewünschten Kurvenform fixiert, und die Kurve kann in einem Zug gezeichnet werden. Mit der mm-Teilung lassen sich Kurvenlängen messen.



ARISTOFLEX

ARISTO-Rechenstäbe und -Zeichengeräte gibt es für alle Verwendungszwecke. Informieren Sie sich durch unsere Prospekte, die Sie beim Fachhandel oder direkt von uns erhalten.

DENNERT & PAPE · ARISTO-WERKE · HAMBURG

Erfolg durch Erfahrung

KALLE

Ozalid® - von KALLE als erstes Trockenlichtpauspapier der Welt auf den Markt gebracht - bietet der Technik vielfältige Möglichkeiten zweckmäßiger Pausenherstellung. Für alle technischen Anwendungsgebiete, von der einfachen Zeichnungspause des Konstruktionsbüros bis zur absolut maßgetreuen und maßbeständigen Lichtpause für höchste Anforderungen, enthält das umfangreiche Ozalid-Sortiment hervorragend geeignete Pausmaterialien.

Auch die leistungsfähigen, halb- oder vollautomatisch arbeitenden Ozalid-Lichtpausmaschinen bewähren sich seit vielen Jahren in zahlreichen Lichtpausereien des In- und Auslands.

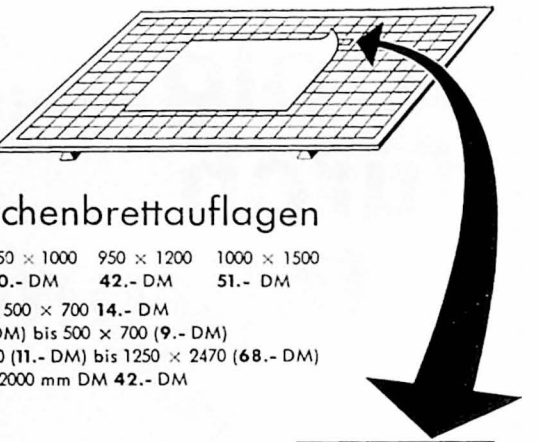
Der Name Ozalid ist heute vom Begriff des Lichtpausens kaum noch zu trennen. Man paust mit Ozalid: dahinter steht die größte Erfahrung!

Ozalid

® = eingetragenes Warenzeichen

KALLE AKTIENGESELLSCHAFT · WIESBADEN-BIEBRICH

MEHR ALS 10 PROZENT ZEITERSPARNIS UND TUSCHÄHNLICHE BLEISTIFTSTRICHE MIT



CIRCOLON Zeichenbrettauflagen

Mit beidseitigem Millimeter-Netz	A4	A3	500 × 700	750 × 1000	950 × 1200	1000 × 1500
	2.40 DM	**5.40** DM	**12.-** DM	**30.-** DM	**42.-** DM	**51.-** DM

Mit beidseitigem Bauweltraster: A4 **2.40** DM; 500 × 700 **14.-** DM
Unbedruckt mit Selbstklebekanten: Von A4 (**2.-** DM) bis 500 × 700 (**9.-** DM)
Unbedruckt mit CIRCOLON-Bindung: Von 520 × 720 (**11.-** DM) bis 1250 × 2470 (**68.-** DM)
Besonders günstig: 1000 × 1500 mm **38.-** DM; 1000 × 2000 mm DM **42.-** DM

LOCHFREI BEFESTIGEN mit beidseitig klebenden
CIRCOLL-Ecken **100 Stück DM 2.70**

Verlangen Sie kostenlos Muster, Merkblätter und Gesamtliste

ZEICHENMITTEL-VERSAND G. C. Boer · 4152 KEMPEN · Burgring 15

BAYERISCHE REISSZEUGFABRIK AG.
NÜRNBERG
BRUNHILDSTR. 5-9

Welcher Zahnarzt käme auf diesen Gedanken, wo doch sein Instrumentarium dazu ein Sortiment von Spezialzangen enthält?

Besondere Aufgaben erfordern eben besondere Werkzeuge.

Auch der zeichnende Techniker braucht nicht einfach „einen Bleistift", sondern hochwertige Spezial-Zeichenstifte und Zeichenminen wie

MARS-LUMOGRAPH.

Sie sind vorbildlich in Strichschärfe, Deckkraft und Lichtpausfähigkeit und bieten auch bezüglich Bruchfestigkeit, Radierbarkeit und geringer Abnutzung weit mehr, als die Zeichen-Praxis normalerweise verlangt.

Die 19 LUMOGRAPH-Härten sind gleichmäßig abgestuft und werden - das ist besonders wichtig - präzise eingehalten.

Zu hervorragenden Zeichenminen gehören selbstverständlich „perfekte" Klemmstifte:

MARS-TECHNICO-Klemmstifte

stehen bei Fachleuten wegen ihrer so zuverlässigen Klemmzange seit je in gutem Ruf.

Ihre neue wohlausgewogene Gestalt ist ein Beispiel geglückter Formgebung, denn so zuverlässig und arbeitsgerecht MARS-TECHNICO-Klemmstifte schon immer waren, so formschön sind sie nun auch und offensichtlich wertvoll im Material.

MARS-LUMOGRAPH-Zeichenstifte in 19 Härten
MARS-LUMOGRAPH-Zeichenminen in 18 Härten
MARS-TECHNICO-Klemmstifte für 18 Härten

Wir senden Ihnen gern Probeminen und Informationsmaterial, wenn Sie uns schreiben und sich auf diese Anzeige beziehen.

J.S. STAEDTLER

MARS BLEISTIFT-
UND FÜLLSCHREIBGERÄTE-
FABRIK NÜRNBERG

Das Standardwerk über die Normung:

EINFÜHRUNG IN DIE DIN-NORMEN

Von Oberingenieur M. Klein, Berlin

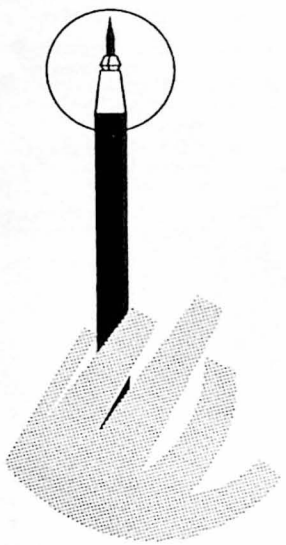
Herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß

4., neubearbeitete und erweiterte Auflage, VI, 437 Seiten mit 1105 Bildern und 438 Tabellen. Mit Sichtregister. DIN A 5. 1961. Kart. DM 21.80, Hln. DM 23.80

Aus dem Inhalt: Einleitung / Grundnormen / Technische Zeichnungen / Werkstoffe, Profile, Bleche, Rohre / Normteile / Transmissionen, Lager, Verzahnungen / Fachnormen / Anhang / Werkstoffübersicht / Nummernverzeichnis der behandelten DIN-Normen / Sachweiser

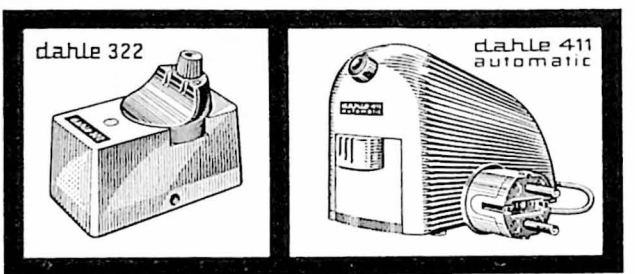
Die „Einführung in die DIN-Normen" soll dem technischen Nachwuchs und den Praktikern das Verständnis für die Normung näherbringen und als Leitfaden für die Ausbildung sowie als Handbuch für die Praxis dienen. Eine ausführliche Einleitung erläutert die Normung. Anschließend wird der Leser mit zahlreichen wesentlichen Normen vertraut gemacht, von denen weit über 600 im Auszug wiedergegeben sind. Das Buch eignet sich damit nicht nur für die Ausbildung im technischen Zeichnen, sondern auch für die Konstruktions- und Fertigungsarbeit.

B. G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT · STUTTGART



VON DER BESSEREN BIS ZUR BESTEN METHODE

Zeichenminen zu spitzen, sollten Sie sich persönlich überzeugen. Mühelos, schnell, sauber, arbeitsgerecht und somit rationell spitzen Sie mit einer — dahle —
Vier außerordentlich leistungsfähige Minenspitzgeräte von höchstem Gebrauchswert stehen Ihnen zur Auswahl beim Fachhandel zur Verfügung. Unterbreiten Sie diesem Ihre Wünsche. Er wird Sie gerne unverbindlich beraten.



dahle geräte

Außerdem finden Sie in unserem Produktionsprogamm Bleistiftspitzmaschinen, Reißschienenführungen und Schneidegeräte verschiedener Ausführung — unentbehrlich für jeden Zeichner.

MITARBEITER DIE NICHT ENTTÄUSCHEN

SCHOELLERSHAMMER

Spezial-Zeichenpapiere

mit dem Ⓐ Gütezeichen

Spezial-Zeichenpapiere sind für alle Bedarfsfälle erprobt.

OPAKE SCHOELLERSHAMMER-ZEICHENPAPIERE, hadernhaltig

Für Maschinenzeichnungen, Vermessungen, Architektur, Prüfungszeichnungen unsere Sorten „Hammer 4 G" (250 g glatt) und „Hammer 6 G" (300 g glatt) für Topographie „Hammer 5" (250 g extraglatt).
Für Grubenbildplatten, Fundamentalrisse, Städtepläne, geklebte Kartons, flachliegend und höchstmaßbeständig unsere Sorten „Hammer 4", zweifach bis vierfach und 1 und 3 mm dick.
Für garantiert maßbeständige Zeichnungen unsere Sorte „Hammer 4" mit Alu-Einlage 0,06 mm, auch in Rollen. Zeichenplatten mit Aluminium-Einlagen, 0,8 bis 1,5 mm dick, nur in Formaten.
Für den Graphiker, Künstler, Architekten: Aquarell-, Tempera- und Ölmal-Papiere Hammer 9 mit den Oberflächen glatt, rauh, Korn A, Korn C, Korn T, ebenso als Maltafeln in Dicken 1 und 3 mm lieferbar.
Aquarellblocks mit den Oberflächen glatt, rauh, Korn A, Korn C, Korn T in 6 Formaten, alles „Profluora" für jede Reproduktionstechnik geeignet.

HOCHTRANSPARENTE SCHOELLERSHAMMER-ZEICHENPAPIERE GLA-MA

eine Seite glatt, die andere Seite matt, für alle Arbeiten, extrazäh, klare hochtransparente Durchsicht, lichtecht. Auch Oberfläche beiderseits glatt bzw. beiderseits matt zu erhalten. Gewichte 40 bis 150 g in handelsüblichen Rollen und Formaten.

SCHUTZMARKE SCHOELLERSHAMMER

Genaue Auskunft gibt unser ausführliches Merkblatt, erhältlich bei Ihrem Fachhändler oder direkt von uns.

Spezial-Zeichenpapiere nur durch den Fachhandel.

Feinpapierfabrik SCHOELLERSHAMMER
516 DÜREN · POSTFACH 147

Teubners Fachbücher für Maschinenbau

MASCHINENTEILE

Herausgegeben von Baudirektor Dipl.-Ing. **G. Köhler** und Oberbaurat Dr.-Ing. **H. Rögnitz** unter Mitarbeit von 11 Fachleuten für die einzelnen Teilgebiete

Teil 1. Mit 48 Seiten Arbeitsblätter als Beilage. 2. Auflage. VIII, 212 Seiten mit 302 Bildern und 105 Tafeln mit weiteren 86 Bildern. DIN C 5. 1962. Kart. DM 25.80, Ln. DM 28.20

Aus dem Inhalt: Einführung in die Berechnung von Maschinenteilen / Nietverbindungen / Schweißverbindungen / Reib- und formschlüssige Verbindungen / Schrauben / Federn / Achsen und Wellen / Gleitlager / Wälzlager / Rohrleitungen und Absperrgeräte / Schrifttum / Sachweiser / Beilage: Arbeitsblätter

Teil 2. Mit 44 Seiten Arbeitsblätter als Beilage. VI, 209 Seiten mit 315 Bildern und 64 Tafeln. DIN C 5. 1961. Kart. DM 26.80, Hln. DM 28.80

Aus dem Inhalt: Kupplungen und Bremsen / Kurbelgetriebe / Kurvengetriebe / Reibradgetriebe / Zugmittelgetriebe / Zahnrädergetriebe / Schrifttum / Sachweiser / Beilage: Arbeitsblätter

Ein für ein klassisches Gebiet des allgemeinen Maschinenbaues neuartig gestaltetes Werk, das auf die heute in Studium und Praxis veränderten Bedürfnisse besonders ausgerichtet ist.

FERTIGUNGSGERECHTES GESTALTEN

im Maschinen- und Gerätebau

Herausgegeben von Oberbaurat Dr.-Ing. **H. Rögnitz** und Baudirektor Dipl.-Ing. **G. Köhler** unter Mitarbeit von 4 Fachleuten für die einzelnen Teilgebiete

2., neubearbeitete Auflage. V, 112 Seiten mit 111 Bildern und 59 Tafeln mit weiteren 433 Bildern. DIN C 5. 1959. Kart. DM 13.—, Hln. DM 14.80

Aus dem Inhalt: Einleitung / Maße und Toleranzen / Gestalten von Gußteilen, von Schmiede- und Preßteilen, von Werkstücken zum Schweißen und Löten / Gestalten von Werkstücken für spanabhebende Arbeitsverfahren / Passungs- und fügegerechtes Gestalten / Schrifttum / Sachweiser

In der Massenfertigung, besonders in der automatischen Fertigung, bildet fertigungsgerechtes Gestalten einen wesentlichen Bestandteil der Arbeitsvorbereitung. Das Werk gibt dem werdenden wie dem tätigen Techniker, dem Ingenieur und insbesondere dem Konstrukteur durch zahlreiche Gestaltungsbeispiele aus allen Fertigungsgebieten klare Richtlinien für seine Konstruktionsarbeit. Die Abbildungen und der knappe, prägnante Text machen das Buch zu einer anschaulichen Konstruktions- bzw. Gestaltungslehre.

B. G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT · STUTTGART

ZWEI GUTE FREUNDE DES ZEICHNERS

VAN DYKE

Zeichenstifte 600
und Druckstifte 606

Die chemische Grafitaufbereitung gibt der VAN DYKE Zeichenmine ihre kolloidale Feinheit und einzigartige Strichdichte und bürgt deshalb für gestochen scharfe Lichtpausen.
20 stets gleichbleibende Härtegrade: 8 B bis 10 H

EBERHARD FABER NEUMARKT BEI NÜRNBERG

Schoellers Parole

das unübertroffene Zeichenpapier für alle Mal- und Zeichen-Techniken

Sonderausstattungen.

Grubenbildplatten, Zeichenplatten } auch mit Leinen hinterklebt
sowie mit dicken Aluminium-Einlagen und dünner Aluminium-Folie

Alleinige Herstellerin von Zeichenplatten mit der
Aufhängung für die Zippel-T-Gleit-Registratur

die Weltmarke mit dem Gütezeichen

Wir empfehlen weiter unser bestbewährtes Katasterpapier **SCHOELLERS WETTERFEST**

HUGO ALBERT SCHOELLER G.M.B.H.

Feinpapierfabrik Neumühl, 516 Düren-Rhld., Postfach 505

Wer studiert

oder sich auf seinen Beruf vorbereitet, sollte bedenken, gleich zu Anfang ein wirklich gutes Reißzeug zu kaufen. Erfahrene Pädagogen und Praktiker wissen, daß nur mit hochwertigem Werkzeug erfolgreiche Arbeit geleistet werden kann. Sie raten daher immer wieder: „Gleich das Richtige". Es braucht nur eine einmalige Anschaffung fürs ganze Leben zu sein.
Zwei Dinge sind zu bedenken, bevor man kauft: Erstens, welchen Inhalt soll das Reißzeug haben; zweitens, braucht man es nur einmal zum Studium oder später im Beruf weiter.

Bitte prüfen Sie selbst die HAFF-Qualität bei Ihrem Fachhändler. Dann treffen Sie Ihre Wahl.

Teubners Fachbücher für Maschinenbau

Abspanende Werkzeugmaschinen

Von Oberbaurat a. D. Dr.-Ing. **H. Rögnitz**, Berlin

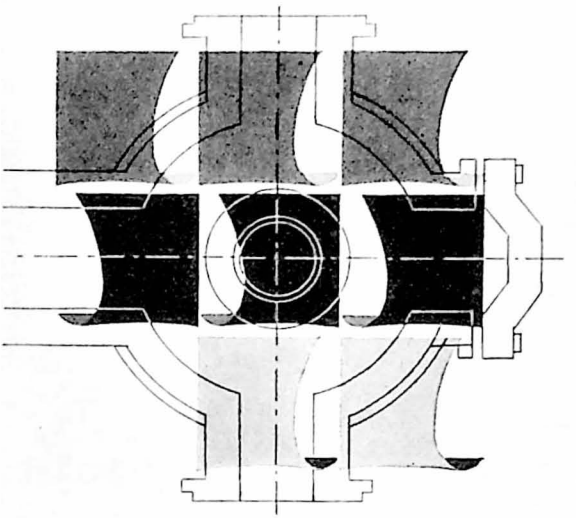
VIII, 241 Seiten mit 404 Bildern und 16 Tafeln. DIN C 5. 1961. Kart. DM 26.60, Hln. DM 28.60

Aus dem Inhalt: Grundlagen, Antrieb / Getriebe- und Bauelemente / Steuerungstechnik / Drehmaschinen / Bohrmaschinen / Räummaschinen / Fräsmaschinen / Hobel- und Stoßmaschinen / Schleif-, Läpp- und Honmaschinen / Sägemaschinen / Nachformmaschinen / Maschinen für die Gewindefertigung / Verzahnmaschinen / Baueinheiten und Maschinenstraßen / Werkzeugmaschinen im Betrieb / Schrifttums- und DIN-Normenverzeichnis / Sinnbilder- und Formelzeichenliste / Sachweiser

„... das gesamte Gebiet der abspanenden Werkzeugmaschinen in sauberer Darstellung behandelt ... von besonderem Vorteil, daß neben fotografischen Abbildungen reichlich Konstruktionszeichnungen und schematische Getriebe-Aufzeichnungen enthalten sind. Die Angaben über Antriebe, Getriebe, Bauelemente und Steuerungen am Anfang des Buches erleichtern das Einarbeiten in das Fachgebiet sehr ..." (Oberbaurat E. Koloch, Furtwangen)

B. G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT · STUTTGART

METEM-Lichtpausanlagen helfen rationalisieren



Die Lichtpause als Helferin der Technik ist selbst für den kleinsten Betrieb unentbehrlich. Es gilt, Kopien von Zeichnungen auf die einfachste und schnellste Art herzustellen. Mit einem Wort: Man braucht rationell arbeitende Lichtpausmaschinen! Und deshalb lohnt es sich, die bewährten METEM-Lichtpausanlagen einzusetzen. Diese gibt es in verschiedenen Preisklassen und Leistungsgruppen.

Bitte fordern Sie die Informationsschrift

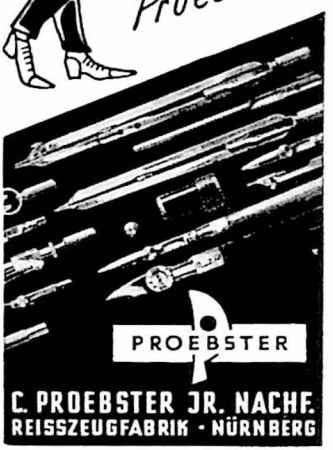
METEOR APPARATEBAU Paul Schmeck GmbH 59 SIEGEN

SAFIR

LICHTPAUSPAPIERE
LICHTPAUSMASCHINEN
ZEICHNUNGSVORDRUCKE
MILLIMETERPAPIERE
ZEICHENPAPIERE
PAUSPAPIERE
TRANSPARENTPAPIERE

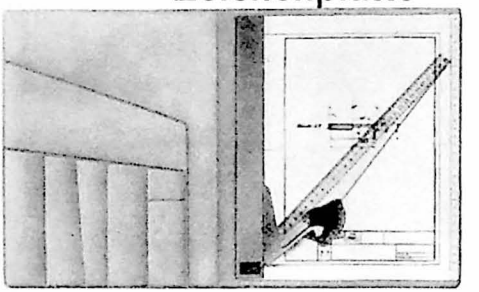
werden von anspruchsvollen Technikern, Zeichnern und Lichtpausern verwendet: sie wissen, daß Safir-Papiere die besten Helfer im Technischen-Büro sind. Bitte, machen auch Sie einen Versuch. Muster schikken wir Ihnen gerne kostenlos zu.

RENKER · BELIPA · DÜREN u. BERLIN



Prospekte
bitte vom Fachhandel
oder von uns anfordern

Hansa **Erstmalig Magnet-Zeichenplatte**

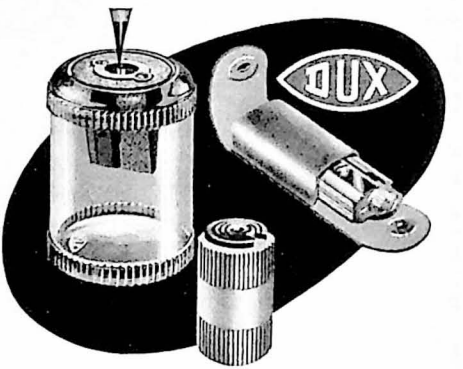


Das beispiellose Zeichengerät mit magnetischer Klemmleiste und magnetischem Zeichenkopf

Bitte, fordern Sie unsere Prospekt-Unterlagen

Nr. 3530 Din A 3 quer
Nr. 3540 Din A 4 hoch

Hansa-Technik GmbH
Hamburg 36
Große Bleichen 30



einzelgeprüfte PRÄZISIONS-

BLEISTIFTSPITZER

MINENSPITZER
ERSATZMESSER

praktisch – preisgünstig – zuverlässig

Erhältlich durch den Fachhandel

T. Paul Möbius · Erlangen · Postf. 44

Für das technische Büro

liefern wir in besten Qualitäten

„Dialip"-Lichtpauspapiere
für das Trockenpaus-Verfahren

Transparent-Zeichenpapiere

weiße und farbige Zeichenpapiere

Millimeterpapiere

Ölpauspapiere und Pausleinen

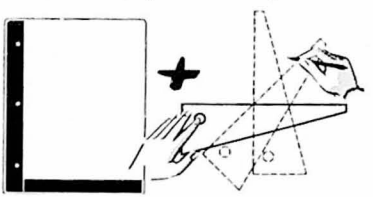
Zeichnungsvordrucke und Stücklisten
nach den DIN-Vorschriften in jeder Ausführung

Fernschreiberrollen

WÖHRLE & CO.

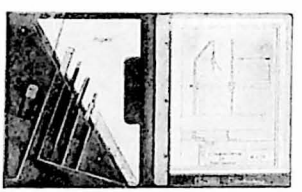
Fabrik technischer Papiere
RASTATT - Baden
Postschließf. 369, T. 2071-73
Fernschreiber 0 784 740 (86 940)

Das unkomplizierte System:



Fester, rechter Winkel
= Klemmschiene links und Anlegeleiste unten
+ beweglicher rechter Winkel
= schlanker HEBEL-Spezialwinkel 75/15 Grad.
Geht's noch schneller und genauer, als mit der unkomplizierten

HEBEL **-Zeichenplatte?**



für DIN A 4- oder DIN A 3-Papier-Formate

Fordern Sie Angebote!
Zeichengerätefabrik Walter Hebel, 5242 Kirchen-Sieg, Postfach 50

Fedra

ÜBERALL WO MAN ZEICHNET UND SCHREIBT

PRÄZISIONS-

ZEICHENSTIFTE
MINEN
MINENSPITZER
SPEZIALSTIFTE
KREIDEHALTER
TUSCHEFÜLLER
SPEZIALBEDARF

für das technische Zeichnen

Katalog kostenlos

Nur Direktbezug durch die

FEDRA K.G. Rud. Bauer & Co.
HAMBURG 22

Teubners Fachbücher für Maschinenbau

Elektrotechnik für Maschinenbauer

Von Prof. Dipl.-Ing. **H. Linse**, Eßlingen

VI, 249 Seiten mit 292 Bildern und 24 Tafeln. DIN C 5. 1962. Kart. DM 26.-, Ln. DM 28.40

Aus dem Inhalt: Grundlagen der Elektrotechnik: Gleichstrom · Magnetfeld · Wechselstrom · Drehstrom / Elektrische Maschinen: Gleichstrom-, Drehstrom- und Wechselstrommaschinen · Stromrichter · Vorschriften / Elektrische Industrieantriebe: Planung und Berechnung · Schalt- und Steuerungstechnik · Beispiele / Elektrische Anlagen: Energieversorgungsanlagen · Industrieanlagen / Anhang / Formelzeichen / Schrifttum / Sachweiser

Alle Nichtelektrotechniker benötigen heute solide Kenntnisse sowohl der Grundlagen der Elektrotechnik als auch ihrer Anwendungen. Das Werk vermittelt diese Kenntnisse durch anschauliche Darstellungswelse, reichhaltiges Bildmaterial sowie viele der Praxis, bevorzugt dem Maschinenbau, entnommene Zahlenbelspiele.

B. G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT · STUTTGART

RIEFLER

. . . wenn sich's um den Zirkel dreht

Präzisions-Reißzeuge
Zeichenmaschinen
Zeichentische

CLEMENS RIEFLER
Nesselwang (Bayern)

PAUSGEWEBE
(PAUSLEINEN)

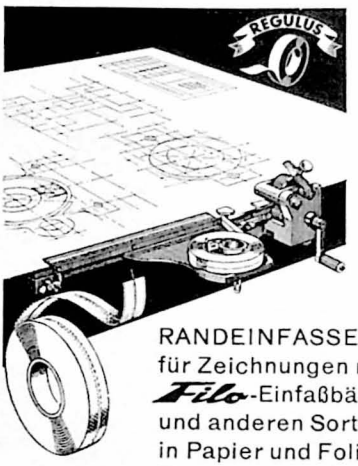
Dieses bewährte Transparentmaterial für wertvolle technische Zeichnungen in Tusche und Bleistift ist bei hoher Durchsichtigkeit unbeschränkt haltbar. Noch nach Jahrzehnten ergibt es scharfe Lichtpauskopien.

KOSMOS-PAUSGEWEBE

ist in allen Fachgeschäften erhältlich.

RICHARD SCHWICKERT AG FREIBURG I. BR.

REGULUS EZ 5



RANDEINFASSER
für Zeichnungen mit den
Filo-Einfaßbändern
und anderen Sorten
in Papier und Folie sowie
Zeichen-Klebebänder

CLAUS KOENIG GmbH. 8520 Erlangen

REGUfix (Acetat)
REGUfol (Papier)
Für die Zeichnungs-Registratur:
Doplan-Aufhängung

EXACT

Das ist die vom Fachmann gesuchte Marke, wenn es sich um Zeichengeräte handelt.

EXACT-Zeichengeräte

sind seit Jahrzehnten fortschrittlich und vorbildlich. Wir liefern: Winkel, Lineale, Kurven, Winkelmesser, Eisenbahnradien, Schiffs- und Stromlinien-Kurven, Zeichenschienen, 3-Kant- und Flachmaßstäbe, Schraffiergeräte u. a.

NIRSCHL & STÜDEMANN
4 Düsseldorf-Heerdt

Die neue

STABILO micro

ZEICHEN-MINE

— durch ihre erstaunlichen Eigenschaften ein entscheidender Fortschritt:

- absolut gleichmäßiger, scharfbegrenzter, **tiefschwarzer Strich** durch wesentlich **erhöhte Bruchfestigkeit**
- **exakte, tuscheähnlich klare Lichtpausen** besonders in den für das technische Zeichnen so wichtigen Härtegraden H–5H
- **längere Haltbarkeit der Spitze**
- **auch auf Zeichenfolien** hervorragend geeignet
- die **gleichmäßigen Stufen-Abstände der Härteskala** (von Härtegrad zu Härtegrad) werden praktisch erreicht.

Dazu der neue

STABILO Klemmstift 8-9
mit der **Fallbremse** D.G.M.

Ein Daumendruck auf die Kappe gibt jeweils die Minenspitze nur in der richtigen Schreiblänge (2 mm) frei — **die Mine kann also nicht herausfallen.**

*

Für die **farbige** Arbeit benützt der anspruchsvolle Zeichner die STABILO-Dünnkern-Farbstifte und -Minen.
STABILO ist nach wie vor unübertroffen in seiner Bruchsicherheit und Farbstärke.
STABILO-Farbstifte (in 30 Farben, dazu gold und silber) ergeben haarfeine, klare und scharfe Striche. Ihre Lichtpausfähigkeit ist außerordentlich hoch.

Schwan-STABILO

Schwan-Bleistift-Fabrik
Nürnberg

Verlangen Sie Sonderprospekte!